

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΜΕ ΘΕΜΑ:**

## **ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ**

**ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ  
ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ  
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ**



Ποταμός Εόληος

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:  
ΚΑΚΑΒΟΥΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ  
ΜΠΑΜΠΑΤΣΙΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:  
ΚΡΑΝΙΩΤΗΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ  
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σ' αυτή την πτυχιακή εργασία αναφέρονται οι παράγοντες, που επιδρούν καθοριστικά στην ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών.

Επιπλέον, παρουσιάζεται μια εκτεταμένη ανάλυση της ποιοτικής κατάταξης του αρδευτικού νερού, που βασίστηκε στις παραμέτρους, που αναφέρονται στην ελληνική και στην παγκόσμια βιβλιογραφία. Η ποιοτική κατάταξη των νερών είναι πολύ χρήσιμη στους επιστήμονες και στους καλλιεργητές, που ενδιαφέρονται να ασχοληθούν με το μεγάλο θέμα της αξιοποίησης των νερών για αρδευτική χρήση.

Υπογραμμίζονται τα προβλήματα, τα οποία προκύπτουν από την παρουσία των αλάτων στα νερά για την άρδευση των καλλιεργειών. Επίσης, παρουσιάζονται όλες οι δυσμενείς επιδράσεις των διαλυτών αλάτων των νερών άρδευσης στην ανάπτυξη των φυτών. Σε πολλές περιπτώσεις προκαλούνται τοξικά συμπτώματα στα φυτά και γι' αυτό αναφέρονται τρόποι αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών.

Στην πτυχιακή εργασία, που έχετε στα χέρια σας, τα επιστημονικά και ερευνητικά δεδομένα που παρουσιάζονται, θα πρέπει να τα γνωρίζουν, τόσο οι επιστήμονες, όσο και οι καλλιεργητές, αφού η διαχείριση του αρδευτικού νερού πέρα από την οικονομική της διάσταση, ενέχει και την περιβαλλοντική – οικολογική.

Στις Μεσογειακές χώρες όλο και περισσότερες εκτάσεις γεωργικών εδαφών κινδυνεύουν να γίνουν αλατούχες ή να υποστούν έντονη υποβάθμιση, εξαιτίας της αυξανόμενης συγκέντρωσης νατρίου στο έδαφος. Δεν είναι σχήμα λόγου να αναφέρουμε ότι πολλά εκατομμύρια στρέμματα γεωργικών εκτάσεων κινδυνεύουν να γίνουν έρημοι

(φαινόμενο ερημοποίησης) αν δεν γίνουν οι κατάλληλες παρεμβάσεις. Στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 800.000 στρέμματα γεωργικών εκτάσεων, που είναι ακατάλληλα ή σχεδόν ακατάλληλα για γεωργική χρήση.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **Παράγοντες που επηρεάζουν την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού**

Τα νερά που χρησιμοποιούνται για αρδεύσεις εδαφών επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στην εξέλιξη και στη διαμόρφωση των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων. Οι αποδόσεις των αρδευόμενων καλλιεργειών είναι σημαντικές, όταν επιλέγονται οι κατάλληλες ποιότητες νερών. Επειδή τα προβλήματα εναλάτωσης και αλκαλίωσης των εδαφών συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τη δομή τους, για την άρδυσή τους θα πρέπει να συνεξετάζονται οι παρακάτω βασικοί παράγοντες:

- Ποιότητα νερού (συγκεντρώσεις ολικών και επιμέρους αλάτων, ΡΗ, εκατοστιαία αναλογία νατρίου ως προς το σύνολο των κατιόντων).
- Δομή, διαπερατότητα, αγωγιμότητα εδαφικού νερού, περιεχόμενα υδατοδιαλυτα άλατα, ιοντικές σχέσεις και ΡΗ.
- Ποσότητα, ποιότητα και φυσικοχημικές ιδιότητες κολλοειδών.
- Σύσταση και περιεκτικότητα των εδαφών σε ανθρακικά και θειικά άλατα ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου.
- Βάθος υπόγειας στάθμης και δυνατότητα στράγγισης αλάτων.
- Κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής των καλλιεργειών και η επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών
- Μέθοδος άρδευσης
- Διαχείριση εφαρμογής του αρδευτικού νερού

## **1.1 Συγκεντρώσεις ολικών αλάτων**

Βασικό στοιχείο της ποιότητας των νερών άρδευσης είναι η ολική συγκέντρωση αλάτων, η οποία καθορίζεται από την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα και δίδεται με  $\mu\text{mhos/cm}$  στους  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Τα  $\mu\text{mhos/cm}$  πολλαπλασιαζόμενα με το συντελεστή 0,7 εκφράζουν το μέσο όρο συγκέντρωσης ολικών αλάτων στα νερά σε  $\text{mg/l}$  ή σε PPM, με αρκετά καλή προσέγγιση (1 $\mu\text{mhos}$  ισούται με  $10^3$   $\text{mmhos}$  ή  $10^6$   $\mu\text{mhos}$ ) π.χ. εάν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού είναι  $1.000\ \mu\text{mhos/cm}$  στους  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , η ολική περιεχόμενη ποσότητα αλάτων στο νερό θα είναι με μεγάλη προσέγγιση περίπου  $700\ \text{mg/l}$  ή  $700\ \text{PPm}$ .

Η συγκέντρωση ολικών αλάτων διαμορφώνει την ωσμωτική πίεση των χρησιμοποιούμενων για αρδεύσεις νερών, η οποία καθορίζει τη δυνατότητα απορρόφησης εδαφικού νερού ή των χρησιμοποιούμενων για αρδεύσεις νερών από τα ριζικά κύτταρα των καλλιεργειών.

Όταν η ωσμωτική πίεση του εδαφικού νερού είναι μεγαλύτερη της ενδοκυτταρικής πίεσης των κυττάρων, αυτά υφίστανται πλασμόλυση και καταστρέφονται. Η εκάστοτε ωσμωτική πίεση των νερών καθορίζεται από την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, όταν τα  $\mu\text{mhos/cm}$  στους  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  πολλαπλασιαστούν με το συντελεστή 0,0036 και δίδεται σε ατμόσφαιρες, π.χ. όταν η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι  $1.000\ \mu\text{mhos/cm}$   $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , η ωσμωτική πίεση που εξασκούν τα άλατα του εδαφικού νερού στα ριζικά κύτταρα και στα νεαρά φύλλα των διαφόρων καλλιεργειών θα ισούται με 3,6 ατμόσφαιρες ( $1000\ \mu\text{mhos} \times 0,0036$  ή  $3,6\ \text{Atm}$ ).

Οι ωσμωτικές πιέσεις, που εξασκούν τα άλατα του εδαφικού νερού στα ριζικά κύτταρα των διαφόρων φυτικών ειδών, είναι ανάλογες της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και έχουν επιβεβαιωθεί με σχετικές

έρευνες, οι οποίες έγιναν στο ειδικό εργαστήριο μελέτης αλατοαλκαλιωμένων εδαφών των Η.Π.Α.

Οι συνολικές συγκεντρώσεις αλάτων στα νερά καθορίζουν τον τρόπο άρδευσης, τις συγκεντρώσεις αλάτων στη ριζόσφαιρα των καλλιεργειών μεταξύ δύο αρδεύσεων, το εύρος αρδεύσεων, τη διύγρανση των εδαφών και την αναγκαία ποσότητα νερού, που πρέπει να χρησιμοποιείται σε κάθε άρδευση, για να αποφεύγονται οι συγκεντρώσεις αλάτων από την επιφάνεια των εδαφών έως το βάθος και την έκταση του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών.

Στον πίνακα 1 αναγράφονται οι ολικές συγκεντρώσεις αλάτων των κυριότερων υδάτινων πόρων από τους οποίους αντλούνται τα νερά που χρησιμοποιούνται για τις αρδεύσεις των καλλιεργούμενων εδαφών.

<b>Υδάτινοι πόροι</b>	<b>Ολικές συγκεντρώσεις mg/l ή PPM</b>
Επιφανειακά, ποταμών	120-140
Επιφανειακά, λιμνών	200-400
Υπόγεια νερά βαλσατικής ή γρανιτικής προέλευσης	100-200
Υπόγεια νερά ασβεστολιθικής προέλευσης	250-500
Υπόγεια νερά σχιστολιθικής προέλευσης	1000-3000
Επιφανειακά είτε υπόγεια υπόθερμα νερά	1200-2000

**Πίνακας 1: Ολικές συγκεντρώσεις αλάτων των κυριότερων υδάτινων πόρων. (Αρχείο ανάλυσης νερών για αρδεύσεις του Εδαφουδραυλικού Εργαστηρίου της Υ.Ε.Β. Υπ. Γεωργίας)**

Τα αναγραφόμενα στοιχεία του παραπάνω πίνακα προέρχονται από το μεγάλο Αρχείο ανάλυσης νερών για αρδεύσεις του Εδαφοϋδρολογικού Εργαστηρίου της ΥΕΒ του Υπουργείου Γεωργίας.

Οι διακυμάνσεις συγκεντρώσεων ολικών αλάτων που αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα δεν ισχύουν, όταν τα ποτάμια και οι λίμνες είναι αποδέκτες λυμάτων και αποβλήτων, νερών στράγγισης και όταν αναμειγνύονται με υφάλμυρα, είτε αλμυρά νερά.

Τα όρια διακύμανσης ποιότητας υπογείων νερών του σχετικού πίνακα δεν ισχύουν, όταν τα νερά κατά την υπόγεια σε βάθος διαδρομή τους αναμειγνύονται με υφάλμυρα, είτε με αλατούχα και μη νερά στράγγισης. Η αντοχή των διαφόρων καλλιεργειών στις ολικές συγκεντρώσεις αλάτων των νερών που χρησιμοποιούνται για αρδεύσεις, όπως και του εδαφικού νερού, έχουν άμεσο εξάρτηση από τη μηχανική σύσταση των εδαφών και των συνθηκών στράγγισης και έκπλυσης αλάτων, όπως έχουμε αναφέρει.

Η αντοχή στα άλατα των διαφόρων φυτικών ειδών καθορίζεται από την ενδοοσμωτική πίεση των ριζικών κυττάρων, από την οποία εξαρτάται η δυνατότητα απορρόφησης νερού από το έδαφος των ριζικών κυττάρων. Τα φυτά, ανάλογα με την αντοχή των ριζικών κυττάρων στην οσμωτική πίεση των αλάτων του εδαφικού νερού και των νερών άρδευσης, κατατάσσονται σε κατηγορίες.

#### **α. Μικρής ανθεκτικότητας στα άλατα**

Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης ολικών αλάτων στα νερά και στο διαθέσιμο εδαφικό νερό είναι μικρότερο των 4.000 μmhos/cm στους 25°C, που αντιστοιχεί σε οσμωτική πίεση 14,4 Atm.

### **β. Μέτριας ανθεκτικότητας στα άλατα**

Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης ολικών αλάτων στα νερά και στο διαθέσιμο εδαφικό νερό είναι μικρότερο των 10.000 μmhos/cm στους 25°C, που αντιστοιχεί σε ωσμωτική πίεση αλάτων στα ριζικά κύτταρα περίπου 36 ατμόσφαιρες.

### **γ. Υψηλής ανθεκτικότητας στα άλατα**

Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης ολικών αλάτων στα νερά και στο διαθέσιμο εδαφικό νερό είναι μικρότερο των 20.000 μmhos/cm στους 25°C, που αντιστοιχεί σε ωσμωτική πίεση αλάτων στα ριζικά κύτταρα περίπου 72 ατμόσφαιρες.

Στον πίνακα 2 αναγράφονται οι αντοχές των διαφόρων φυτικών καλλιεργειών, ανάλογα με την ωσμωτική πίεση του ενδοκυτταρικού χυμού των ριζικών κυττάρων.



Ομάδες καλλιεργειών	Κατηγορία αντοχής στα άλατα			
	I. Μεγάλης αντοχής ωσμωτική πίεση < 72 Atm	II. Μέτριας αντοχής Ωσμωτική πίεση < 36 Atm		III. Μικρής αντοχής ωσμωτική πίεση < 14 Atm
Δενδρώδεις καλλιέργειες	Φοίνικες	Ροδιές		Απιδιά
	Φιστικιές	Συκιές		Αμυγδαλιά
		Αμπέλια		Βερικοκιά
		Ελιές		Ροδακινιά
		Μάγκος		Δαμασκηλιά
		Μπανάνες		Μηλιά
		Λοτοί		Πορτοκαλιά
				Λεμονιά
Λαχανοκαλλιέργειες	Σακχαρότευτλα	Τριφύλλια	Πεπόνια	Βίκος
	Λαχανικά τεύτλα	Λινάρι	Ηλίανθος	Μπιζέλια
	Καλαμπόκια	Τομάτες	Καρότα	Σέλινο
	Λάχανα	Σπαράγγια	Σπανάκι	Λαχανώδη
	Μπρόκολα	Καλαμπόκια	Κολοκύθια	Μελιτζάνες
	Βαμβάκι	Κριθάρι	Κρεμμύδια	Γλυκοπατάτες
	Καλαμοσάκχαρο	Σίκαλη	Πιπεριές	Πατάτες
	Γογγύλια	Βρώμη	Σιτάρι καρποφορίας	Φασόλια
	Κτηνοτροφικά τεύτλα	Ρύζι	Ρεβίθια	Αγκινάρες
Ανθοκομικές καλλιέργειες	<b>IV. Μεγάλης αντοχής στα άλατα Ωσμωτική πίεση &lt;= 72 Atm</b>			
	Ουγκάτα	Πολυετές		Μοσχοϊθιά
	Αγγελική	Ανθόφυτο		Πικροδάφνη
	Μπούζι	Εχίνωπας		Μυόπωρο
	Αλμυρική	Μπάσαρη		Ευώνυμο

**Πίνακας 2: Αντοχή στα άλατα των διαφόρων φυτικών καλλιεργειών.  
(Μαλεφάκης Γ. «Ποιότητα νερού εδαφοκαλλιεργειών εδαφοπονίας –  
εδαφοβελτίωσης»)**

Στους πίνακες 3 και 4 αναγράφονται τα διάφορα φυτικά είδη, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφικού νερού και του νερού άρδευσης, η αντίστοιχη ωσμωτική πίεση που εξασκούν τα άλατα στα ριζικά κύτταρα των καλλιεργειών όταν επιτυγχάνονται καλές και αρκετά καλές αποδόσεις.

Είδος φυτού	Ηλεκτρική αγωγιμότητα $\mu\text{mhos}/\text{cm } 25^{\circ}\text{C}$	Ολικά άλατα PPM	Αντοχή σε ωσμωτική πίεση σε ατμόσφαιρες
<b>A. Οπωροφόρα δένδρα</b>			
Χουμοριές	6000	4200	15,8
Ελιές	1000	700	3,6
Βερικοκιές Δαμασκηγιές	700	490	2,5
Κιτριές Πορτοκαλιές	700	490	2,5
Ροδιές Λεμονιές	800	560	2,9
Συκιές Μπανανιές	500	350	1,8
Αχλαδιές Ροδακιγιές	500	350	1,8
Μηλιές Αμυγδαλιές	500	350	1,8
Αμπέλια Φραουλιές	500	350	1,8
<b>B. Δημητριακά</b>			
Σιτάρι	500 - 1000	350 - 700	1,8 - 3,6
Κριθάρι	900	650	3,3
Σίκαλη	1000	700	3,6
Βρώμη	1000	700	3,6
Ρύζι	500 - 900	350 - 630	1,8 - 3,3
Αραβόσιτος	800	560	3

**Πίνακας 3: Ανθεκτικότητα φυτικών καλλιεργειών στα υδατοδιαλυτά άλατα του εδαφικού νερού και των νερών που χρησιμοποιούνται συνήθως για αρδεύσεις. (Μαλεφάκης Γ. «Ποιότητα νερού εδαφοκαλλιεργειών εδαφοπονίας – εδαφοβελτίωσης»)**

Φυτικά είδη	Ηλεκτρική αγωγιμότητα μhos/cm 25 °C	Ολικά άλατα PPM	Ωσμωτική πίεση Atm (ατμόσφαιρες)
<b>Γ. Λαχανικά</b>			
Λάχανα	1200	840	4,3
Πιπεριές	1000 - 1500	700 - 1050	3,6 - 5,4
Ραπάνια	1300 - 1500	910 - 1050	4,7 - 5,4
Καρότα	1000 - 1100	700 - 770	3,6 - 3,9
Κρεμμύδια	1300 - 1500	910 - 1050	4,7 - 5,4
Κουκιά	750	530	2,6
Αγγινάρες	1100	770	3,9
Σπαράγγια	1100 - 1200	770 - 840	3,9 - 4,3
Παντζάρια	1200	840	4,3
Βλήτα	1000 - 1200	700 - 840	3,6 - 3,9
Ραδίκια	1000 - 1100	700 - 770	3,6 - 4,0
Καρπούζια	1300 - 1500	910 - 1050	4,7 - 5,4
Μελιτζάνες	1000 - 1200	700 - 840	3,6 - 4,3
Αγγούρια	500	280	1,8
Φράουλες	500	280	1,8
<b>Δ. Βιομηχανικά φυτά</b>			
Βαμβάκι	1300 - 1400	910 - 980	4,7 - 5,0
Σακχαρότευτλα	1400	980	5,1
Καπνά	500	350	1,8

**Πίνακας 4: Ανθεκτικότητα φυτικών καλλιεργειών στα υδατοδιαλυτά άλατα του εδαφικού νερού και των νερών που χρησιμοποιούνται συνήθως για αρδεύσεις.  
(Μαλεφάκης Γ. «Ποιότητα νερού εδαφοκαλλιεργειών εδαφοπονίας – εδαφοβελτίωσης»)**

Οι τιμές που αναγράφονται στους πίνακες 3 και 4 έχουν αντληθεί από σχετικά πειράματα και δημοσιεύσεις των ειδικών εργαστηρίων Riverside USA «Des eaux salees annales», El Arfiance Εδαφολογικού Εργαστηρίου Αλγερίου.

Στους πίνακες 5, 6 και 7 αναγράφονται τα ανώτερα παραδεκτά όρια ειδικής αγωγιμότητας των νερών, που χρησιμοποιούνται για άρδευση διαφόρων φυτικών ειδών καλλιεργούμενων σε εδάφη με διάφορο μηχανική σύσταση.

<b>I. Φυτά μικρής ανθεκτικότητας στα άλατα Ανώτατα επιτρεπόμενα όρια EC 4000 <math>\mu\text{mhos/cm}</math> 25 °C</b>	<b>Ανώτερα όρια αγωγιμότητας νερών άρδευσης <math>\mu\text{mhos}/25\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>
<b>Σύσταση εδαφών</b>	
Αμμώδη	2500
Αμμοαργιλώδη	1600
Πηλώδη	1000
Αργιλοπηλώδη	800
Αργιλώδη με κανονικές αρδεύσεις	400
Αργιλώδη με συνεχείς αρδεύσεις	800
<b>II. Φυτά μέσης ανθεκτικότητας στα άλατα Ανώτατο όριο ηλεκτρικής αγωγιμότητας 10000 <math>\mu\text{mhos/cm}</math> στους 25 °C</b>	
Αμμώδη	6500
Αμμοπηλώδη	4000
Πηλώδη	3000
Αργιλοπηλώδη	2000
Αργιλώδη με κανονικές αρδεύσεις	1000
Αργιλώδη με συνεχείς αρδεύσεις	2000

**Πίνακας 5: Ανώτερα παραδεκτά όρια ειδικής αγωγιμότητας των νερών, που χρησιμοποιούνται για άρδευση διαφόρων φυτικών ειδών καλλιεργούμενων σε εδάφη με διάφορο μηχανική σύστασης.  
(Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)**

<b>III. Φυτά μεγάλης ανθεκτικότητας στα άλατα</b>		<b>Ανώτερα επιτρεπόμενα όρια ηλεκτρικής αγωγιμότητας μhos/25 °C</b>
<b>Έδαφος</b>	<b>Καλλιεργούμενα είδη</b>	
Αμμώδη	Φοινικιά - χουμαριά "θεωρητικά"	20000
	Φοινικιά - χουμαριά "πειραματικά"	15500
	Κηπευτικά	8000
	Κτηνοτροφικά - αγροστώδη	12000
	Μεγάλης καλλιέργειας	10000
Αμμοπηλώδη	Φοινικιά - χουμαριά	6000 - 10000
	Κηπευτικά	4500
	Κτηνοτροφικά - αγροστώδη	7000
	Μεγάλης καλλιέργειας	6000
Πηλώδη	Φοινικιά - χουμαριά	8000
	Κηπευτικά	3500
	Κτηνοτροφικά - αγροστώδη	5000
	Μεγάλης καλλιέργειας	4500
Αργιλοπηλώδη	Φοινικιά - χουμαριά	6000
	Κηπευτικά	2400
	Κτηνοτροφικά - αγροστώδη	3500
	Μεγάλης καλλιέργειας	3000
Αργιλώδη	Φοινικιά - χουμαριά	3000
	Κηπευτικά	1200
	Κτηνοτροφικά - αγροστώδη	1800
	Μεγάλης καλλιέργειας	1600

**Πίνακας 6: Ανώτερα παραδεκτά όρια ειδικής αγωγιμότητας των νερών, που χρησιμοποιούνται για άρδευση διαφόρων φυτικών ειδών καλλιεργούμενων σε εδάφη με διάφορο μηχανική σύστασης. (Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)**

<b>Ανθοκομικά μεγάλης αντοχής στα άλατα Ωσμωτική πίεση <math>\leq 72</math> Atm</b>		
<b>Μηχανική σύσταση εδαφών</b>	<b>Ανώτατο όριο ηλεκτρικής αγωγιμότητας <math>\mu\text{mhos/cm } 25^\circ\text{C}</math></b>	<b>Ανθοκομικές καλλιέργειες</b>
Αμμώδη	6.500	Ουγκάτα Αγγελική
Αμμοπηλώδη	4.000	Μπούζι Αλμυρική
Πηλώδη	3.000	Πολυετές ανθόφυτα Εχύνωπας Μπάσαρι
Πηλοαργιλώδη	2.000	Μοσχοϋθιά Πικροδάφνη
Αργιλώδη	1.000	Μυόπωρο Ευώνυμο

**Πίνακας 7: Ανώτερα παραδεκτά όρια ειδικής αγωγιμότητας των νερών, που χρησιμοποιούνται για άρδευση διαφόρων φυτικών ειδών καλλιεργούμενων σε εδάφη με διάφορο μηχανική σύστασης.  
(Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)**

Οι συγκεντρώσεις αλάτων στα νερά άρδευσης και στο εδαφικό νερό διακρίνονται σε:

- Μη αλατούχα
- Λίγο αλατούχα
- Μέτρια αλατούχα
- Πολύ αλατούχα
- Αλατούχα

Ως προς τον επικρατέστερο τύπο άλατος διακρίνονται σε:

- **Διττανθρακικά:** Όταν το σύνολο των υδατοδιαλυτών διττανθρακικών αλάτων είναι  $\geq 50\%$  του αθροίσματος θεικών και χλωριούχων.
- **Θεικά:** Όταν το σύνολο των υδατοδιαλυτών θεικών αλάτων είναι  $> 50\%$  του αθροίσματος διττανθρακικών και χλωριούχων.
- **Χλωριούχα:** Όταν το σύνολο των υδατοδιαλυτών χλωριούχων αλάτων είναι  $\geq 50\%$  του συνόλου των υδατοδιαλυτών διττανθρακικών και θεικών.
- **Μικτού τύπου:** Όταν όλες οι επιμέρους συγκεντρώσεις υδατοδιαλυτών αλάτων είναι μικρότερες του  $50\%$  του συνόλου των διττανθρακικών, των θεικών και των χλωριούχων.

Στον πίνακα 8 αξιολογείται η παραγωγικότητα των εδαφών, ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των ολικών αλάτων στα νερά άρδευσης και στο εδαφικό νερό, με την προϋπόθεση ότι οι αρδεύσεις θα είναι κανονικές και σε κάθε έδαφος θα υπάρχουν συνθήκες καλής στράγγισης και έκπλυσης αλάτων. Μετά από μακρόχρονα πειράματα έχει υπολογιστεί και επί τοις % μείωση της αναμενόμενης παραγωγής, όταν οι συγκεντρώσεις αλάτων στα νερά δεν είναι κανονικές και οι αρδεύσεις «πλημμελείς».

Στον σχετικό πίνακα 8 αναγράφεται ακόμη και η επί τοις % κατανομή χλωριούχων και θεικών αλάτων στο εδαφικό νερό και έως το βάθος των 60 cm, που καλύπτει συνήθως το μεγαλύτερο μέρος της ριζόσφαιρας των καλλιεργειών. Σε συμπεράσματα πειραματικών εργασιών εναλάτωσης εδαφών, που έχουν γίνει στο Ισραήλ, αναφέρεται ότι, όταν τα ίδια εδάφη, με ίδιες καλλιέργειες αρδεύονται στην ίδια περίοδο, με την ίδια ποσότητα και ποιότητα νερού σημειώνονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αλάτων στα εδάφη που αρδεύονται με αυλάκια, από εκείνα που αρδεύονται με κατάκλιση.



Αλατότητα εδαφικού νερού και άρδευσης	Κατανομή υδατοδιαλυτών αλάτων από 0 - 60cm		Ανάπτυξη καλλιεργειών και αποδόσεις
	Χλωριούχα %	Χλωροθειικά %	
Μη αλατούχο	< 0,15	< 0,25	Κανονική ανάπτυξη κανονικές αποδόσεις
Λίγο αλατούχο	0,15 - 0,25	0,25 - 0,40	Μικρή ζημιά στις καλλιεργείες Μειωμένη απόδοση 10 - 20%
Μέτρια αλατούχο	0,25 - 0,40	0,40 - 0,70	Μέτρια ζημιά στις καλλιεργείες Μειωμένη απόδοση 20 - 30%
Πολύ αλατούχο	0,40 - 0,60	0,70 - 1,20	Σημαντική ζημιά έως πλήρη καταστροφή των καλλιεργειών Μειωμένη απόδοση 50 - 80% και 100%
Αλατούχο	> 0,60	> 1,20	Ελάχιστα μόνο φυτά μπορεί να επιζήσουν. Καταστροφή 100%

**Πίνακας 8: Παραγωγική ικανότητα εδαφών κρινόμενη από τη συγκέντρωση ολικών αλάτων του εδαφικού νερού και των νερών που χρησιμοποιούνται για την άρδυσή τους. ( Μαλεφάκης Γ. «Εναλλάτωση και αλκαλίωση εδαφών, 1982»)**

## **1.2. Εκατοστιαία αναλογία νατρίου**

Τα νερά, όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, περιέχουν διάφορα ευδιάλυτα άλατα που συμβάλλουν είτε άμεσα, είτε έμμεσα, στην ανάπτυξη και θρέψη των καλλιεργειών. Είναι όμως δυνατή και η αναστολή της ανάπτυξης, ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των ολικών αλάτων και των μεταξύ τους σχέσεων.

Τα κυριότερα άλατα που περιέχονται στα νερά είναι του νατρίου, του μαγνησίου και του ασβεστίου, που τα εντάσσουν σε κατηγορίες και τα κρίνουν κατάλληλα ή όχι για αρδεύσεις εδαφών και καλλιεργειών διαφόρων φυτικών ειδών, όταν συντρέχουν και οι ανάλογες προϋποθέσεις (κλιματολογικές συνθήκες, υπόγεια στάθμη νερού, διαθέσιμη ποσότητα νερού, εύρος αρδεύσεων, στράγγιση, κ.ά.).

Από το εργαστήριο αλατοαλκαλιωμένων εδαφών (U.S. Salinity Laboratory Staff) αρχικά, και αργότερα από το εργαστήριο χημικής τεχνολογίας του Ισραήλ (Laboratory for Industrial Chemistry – Technology Haifa – Prof. H. Heimann) έγιναν προσπάθειες ταξινόμησης των νερών που χρησιμοποιούνται για αρδεύσεις, βασικά από τις συγκεντρώσεις ολικών αλάτων (ηλεκτρική αγωγιμότητα) και την εκατοστιαία αναλογία νατρίου, ως προς το σύνολο των περιεχομένων στα νερά άρδευσης κατιόντων (βαθμός αλκαλίωσης). Από πειράματα διαπιστώθηκε ότι, όταν η περιεκτικότητα σε νάτριο στο εδαφικό νερό είναι  $\geq 60\%$  του συνόλου των κατιόντων, απορροφάται από τα κολλοειδή των εδαφών μόνο νάτριο και εμποδίζεται η απορρόφηση ασβεστίου, μαγνησίου κ.λπ. κατιόντων.

Τα κολλοειδή των εδαφών αλκαλιώνονται και όπως έχουμε προαναφέρει τα εδάφη υποβαθμίζονται και γίνονται παθογενή. Τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν τις απαραίτητες ποσότητες μαγνησίου για τη σύνθεση της χλωροφύλλης, που είναι η βασικότερη οργανική ένωση φωτοσύνθεσης και παραγωγής υδατανθράκων, πρωτεϊνών, λιπαρών ενώσεων κ.ά.

Διαπιστώθηκε ακόμη ότι, όταν τα εδάφη αρδεύονται με νερά, που περιέχουν μικρές είτε μέτριες ποσότητες ολικών αλάτων, στα οποία εκατοστιαία αναλογία νατρίου είναι  $\geq 60\%$  δεν προκύπτουν προβλήματα εναλάτωσης, ενώ είναι δυνατό να εμφανιστούν προβλήματα αλκαλίωσης των εδαφών με την προσρόφηση ιόντων νατρίου από τα κολλοειδή και τροφοπενίες μαγνησίου.

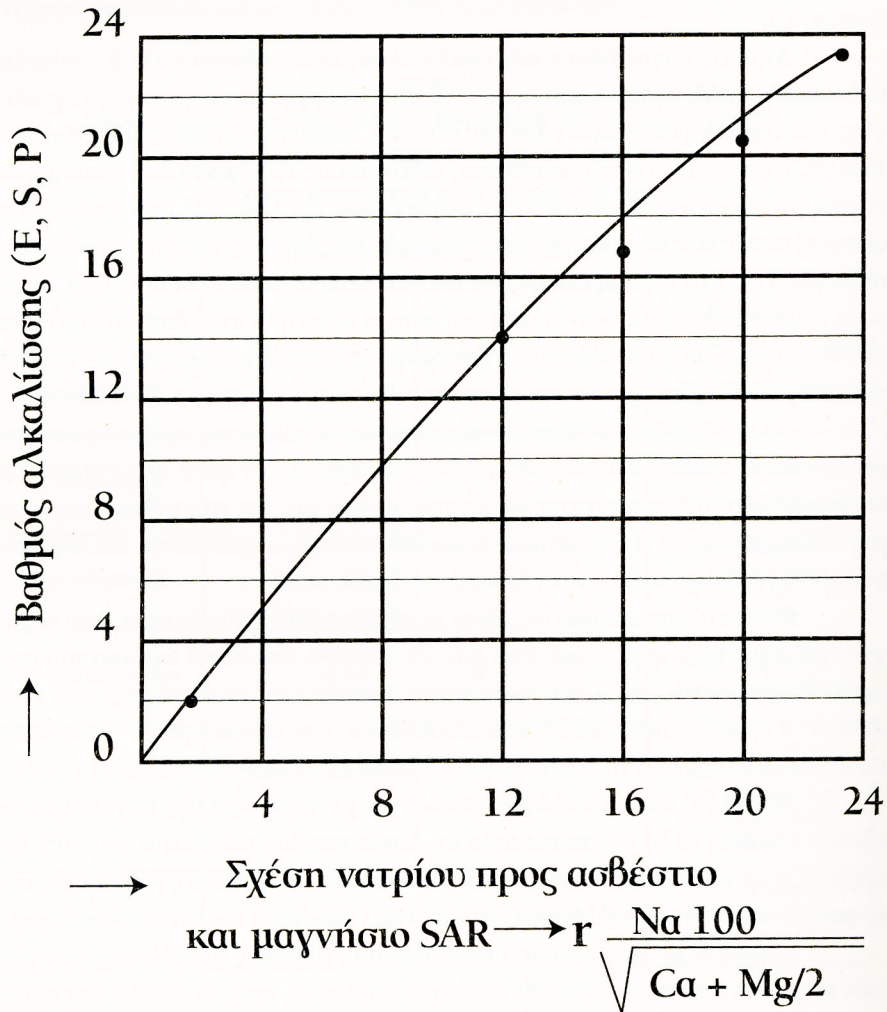
Αντίθετα, όταν τα εδάφη αρδεύονται με νερά υψηλής συγκέντρωσης ολικών αλάτων, αλλά με εκατοστιαία αναλογία νατρίου μικρότερη του 60% δεν εμφανίζονται προβλήματα αλκαλίωσης εδαφών και τροφοπενίες μαγνησίου, ενώ εμφανίζονται έντονα προβλήματα εναλάτωσης ( παθογενή εναλατωμένα εδάφη).

Σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις, ο βαθμός αλκαλίωσης των εδαφών εξαρτάται από την εκατοστιαία αναλογία νατρίου ως προς το σύνολο των κατόντων, που περιέχονται στα χρησιμοποιούμενα για άρδευση νερά και στο εδαφικό νερό.

Από το U.S. Salinity Laboratory καθιερώθηκε αντί του βαθμού αλκαλίωσης η σχέση (Sodium Absorption Ratio) – SAR  $\rightarrow r. Na. 100 / Ca + Mg/2$ , που εκφράζει τη δυνατότητα προσρόφησης ιόντων νατρίου από τα κολλοειδή των εδαφών. Στην καμπύλη 22 φαίνεται η αντιστοιχία σχέσεως SAR (δυνατότητα προσρόφησης ιόντων νατρίου) από τα κολλοειδή των εδαφών και η εκατοστιαία αναλογία νατρίου (βαθμός αλκαλίωσης) στα νερά που χρησιμοποιούνται για άρδευση και στο εδαφικό νερό.

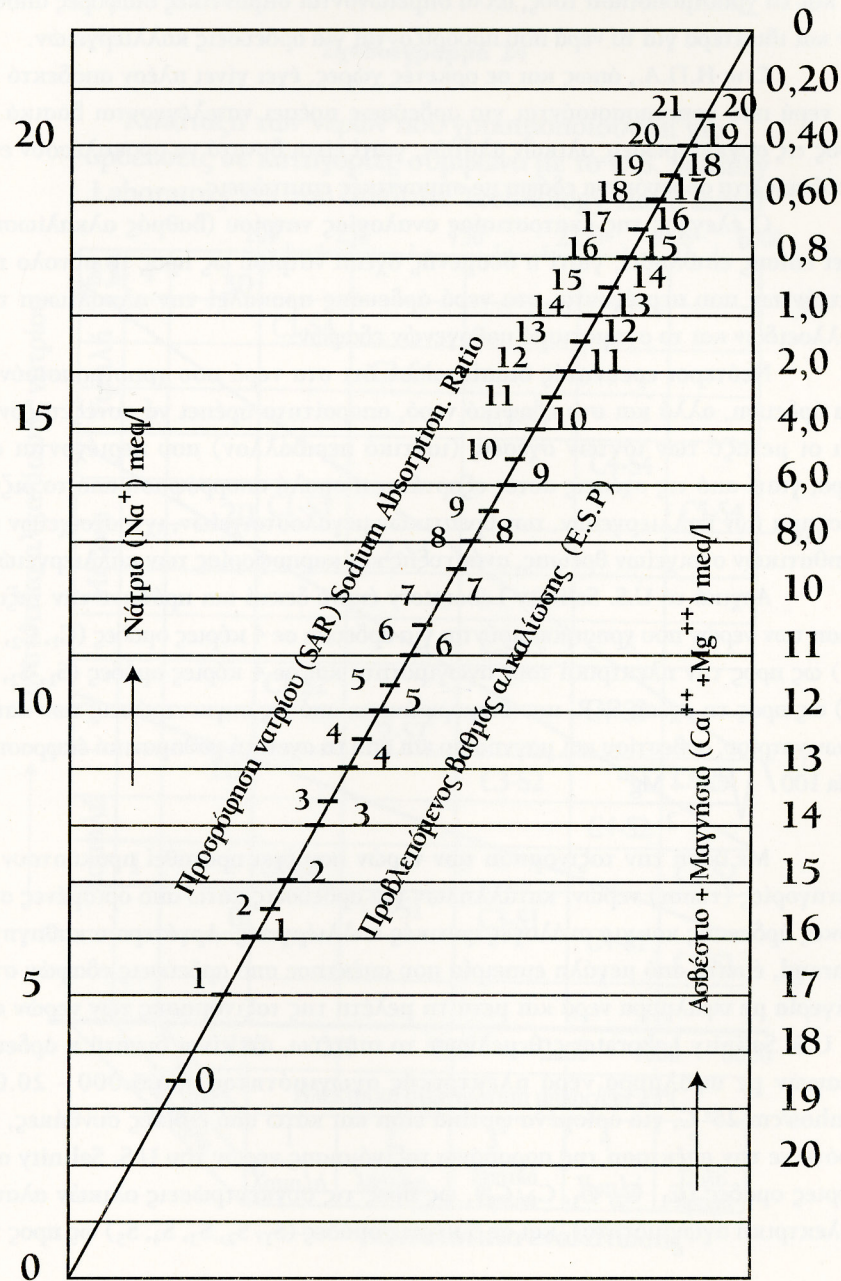
Σχεδιάγραμμα καμπύλης 22

Σχέση βαθμού αλκαλίωσης (E.S.P) και (S.A.R) που εκφράζει τη δυνατότητα πρόσληψης νατρίου από τα κολλοειδή των εδαφών



Σχεδιάγραμμα 1: Σχέση βαθμού αλκαλίωσης (E. S. P.) και (S.A.R.) που εκφράζει τη δυνατότητα πρόσληψης νατρίου από τα κολλοειδή των εδαφών. (Πανώρας Γ. «Ποιότητα Αρδευτικού Νερού. Σίνδος 1986»)

Σχεδιάγραμμα ή μονόγραμμα 23



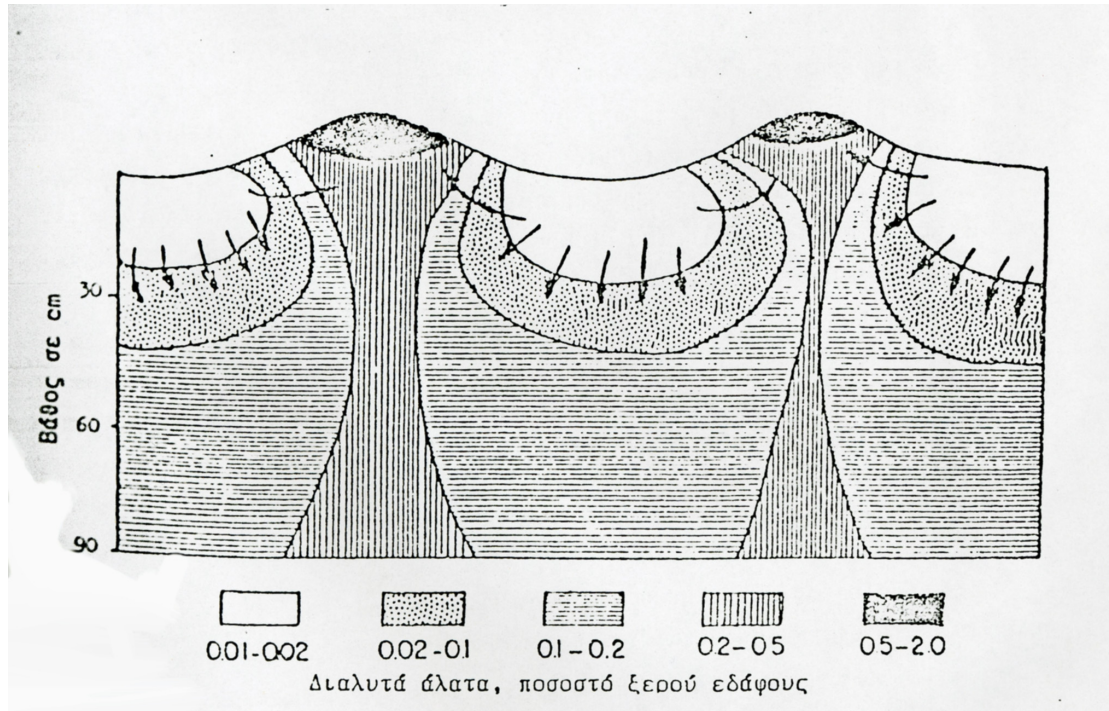
135

Σχεδιάγραμμα 2: Προβλεπόμενος βαθμός αλκαλιώσης των εδαφών από τη σχέση S.A.R όταν αρδεύονται με νερά περιεκτικότητας σε ασβέστιο και μαγνήσιο, που διαμορφώνουν ανάλογα την αντίστοιχη σχέση S.A.R. (Πανώρας Γ. «Ποιότητα Αρδευτικού Νερού. Σίνδος 1986»)

Με το σχεδιάγραμμα – μονόγραμμα 23 καθορίζεται ο προβλεπόμενος βαθμός αλκαλίωσης των εδαφών από τη σχέση S.A.R (ικανότητα προσρόφησης νατρίου), όταν αρδεύονται με νερά περιεκτικότητας σε ασβέσιο και μαγνήσιο, που διαμορφώνουν ανάλογα την αντίστοιχη σχέση S.A.R.

### **1.3. Στράγγιση**

Λίγοι μελετητές δίνουν έμφαση στις συνθήκες πλήρους στράγγισης, αν και έχει την πιο μεγάλη σπουδαιότητα. Μπορούν να αναφερθούν πολλά παραδείγματα χρήσης νερών υψηλής αλατότητας, εκεί που οι συνθήκες στράγγισης δεν είναι καθοριστικός παράγοντας, π.χ. όπου η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται σ' ένα ικανοποιητικό βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, είτε με φυσική στράγγιση, είτε με άντληση. Αντίθετα, εκεί που η στράγγιση δεν είναι πλήρης, δηλαδή ο υπόγειος ορίζοντας είναι εντός του 1 μ. από την επιφάνεια του εδάφους, το νερό που εφαρμόζουμε με τις αρδεύσεις δεν μπορεί να φύγει και να παρασύρει τα αλάτια του εδάφους και έτσι δημιουργούνται αλατούχα και αλκαλικά εδάφη.



**Σχήμα 1: Συγκέντρωση αλάτων σε αυλάκια**

Στο Σχήμα 1 εμφανίζεται το προφίλ αλατότητας σ' ένα έδαφος με υψηλό υπόγειο ορίζοντα. Το γεγονός της ύπαρξης του υδατικού αυτού ορίζοντα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των αλάτων κοντά στην εδαφική επιφάνεια και τη μείωσή τους με την αύξηση του βάθους. Η λύση, βέβαια, είναι στράγγιση του εδάφους για τον υποβιβασμό της υπόγειας στάθμης του νερού.

## **1.4. Κλίμα**

Το ύψος της βροχόπτωσης είναι σημαντικός παράγοντας για την έκπλυση των εδαφών από τα άλατα που συσσωρεύτηκαν κατά την αρδευτική περίοδο. Σε υγρές περιοχές, όπου η άρδευση γίνεται συμπληρωματικά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί νερό κακής ποιότητας χωρίς κανένα κίνδυνο για το έδαφος και τις καλλιέργειες. Αντίθετα, σε περιοχές όπου επικρατούν άνεμοι και υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με χαμηλή ετήσια βροχόπτωση, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού.

Οι καλλιέργειες ποικίλουν όσον αφορά το όριο αντοχής τους σε αλάτια και ορισμένες μπορούν ν' αντέξουν πολύ περισσότερο την αλατότητα απ' ό,τι άλλες, χωρίς να έχουμε υπερβολική μείωση της παραγωγής.

Η αντοχή των καλλιεργειών παρουσιάζεται στον Πίνακα 9 σαν να ήταν μία σταθερή τιμή. Αυτό, βέβαια, δεν είναι απόλυτα αληθινό. Η αντοχή των καλλιεργειών αλλάζει με τη διαχείριση του νερού, με το στάδιο ανάπτυξης, με το ριζόστρωμα, με τις ποικιλίες και με το κλίμα.

Για πολλές καλλιέργειες (τεύτλα, ρύζι, σιτάρι, κριθάρι και αρκετά λαχανικά), το στάδιο φύτευσης των σπόρων είναι το πιο ευαίσθητο και εδαφική αλατότητα  $E_{ce} > 4$  mmhos/cm στο στάδιο αυτό, ίσως καθυστερήσει ή αναχαιτίσει τη βλάστηση και την πρόιμη ανάπτυξη.

Το ριζικό σύστημα επιδρά στην αντοχή ορισμένων δενδρωδών καλλιεργειών στην αλατότητα, όπως τα ξινά. Διάφορες ποικιλίες εμφανίζουν σημαντικές διαφορές σε ό,τι αφορά την αντοχή τους στην αλατότητα. Οι διαφορές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την εκλογή εμπορικών φυτών, τόσο από πλευράς ποικιλίας, όσο και ριζικού συστήματος.



### Σημειώσεις:

1.  $EC_e$  είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους και εκφράζεται σε mmhos/cm στους  $25^\circ C$ .
2.  $EC_w$  είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του αρδευτικού νερού σε mmhos/cm στους  $25^\circ C$ . Θεωρείται ποσοστό έκπλυσης 15-20% και ότι η μέση αλατότητα του εδαφικού νερού είναι τριπλάσια εκείνης του αρδευτικού νερού ( $EC_{sw} = 3EC_w$ ) και διπλάσια του εκχυλίσματος κορεσμού ( $EC_{sw} = 2EC_e$ ). Επομένως,  $EC_e = 1.5 EC_w$ .
3. Οι καλλιέργειες κριθάρι, σιτάρι, ζαχαρότευτλα και αρκετές άλλες είναι λιγότερο ανθεκτικές κατά το στάδιο του φυτρώματος και της βλαστικής ανάπτυξης που το ακολουθεί. Η  $EC_e$  δεν πρέπει να ξεπερνά τα 4 ή 5 mmhos/cm για το κριθάρι και το σιτάρι και τα 3 mmhos/cm για το βλαστικό στάδιο των τεύτλων.
4. Τα δεδομένα αντοχής δεν ισχύουν για ημι-νάνες καλλιέργειες σίτου.

Το κλίμα παίζει σπουδαίο ρόλο στην αντοχή των καλλιεργειών. Γενικά, καλλιέργειες αναπτυσσόμενες σε δροσερά κλίματα ή κατά τη διάρκεια δροσερότερης εποχής του χρόνου είναι πιο ανθεκτικές στα αλάτια από εκείνες που αναπτύχθηκαν σε θερμότερες περιόδους και περιόδους χαμηλής υγρασίας ή υψηλής εξατμισοδιαπνοής.

Τα λιπάσματα γενικά δεν πιστεύεται να αυξάνουν την αντοχή των καλλιεργειών στην αλατότητα. Παρόλα αυτά, ίσως αυξηθούν οι αποδόσεις, αν η λίπανση είναι περιοριστικός παράγοντας.

Τονίζεται ότι οι πίνακες αντοχής προϋποθέτουν καλή στράγγιση.

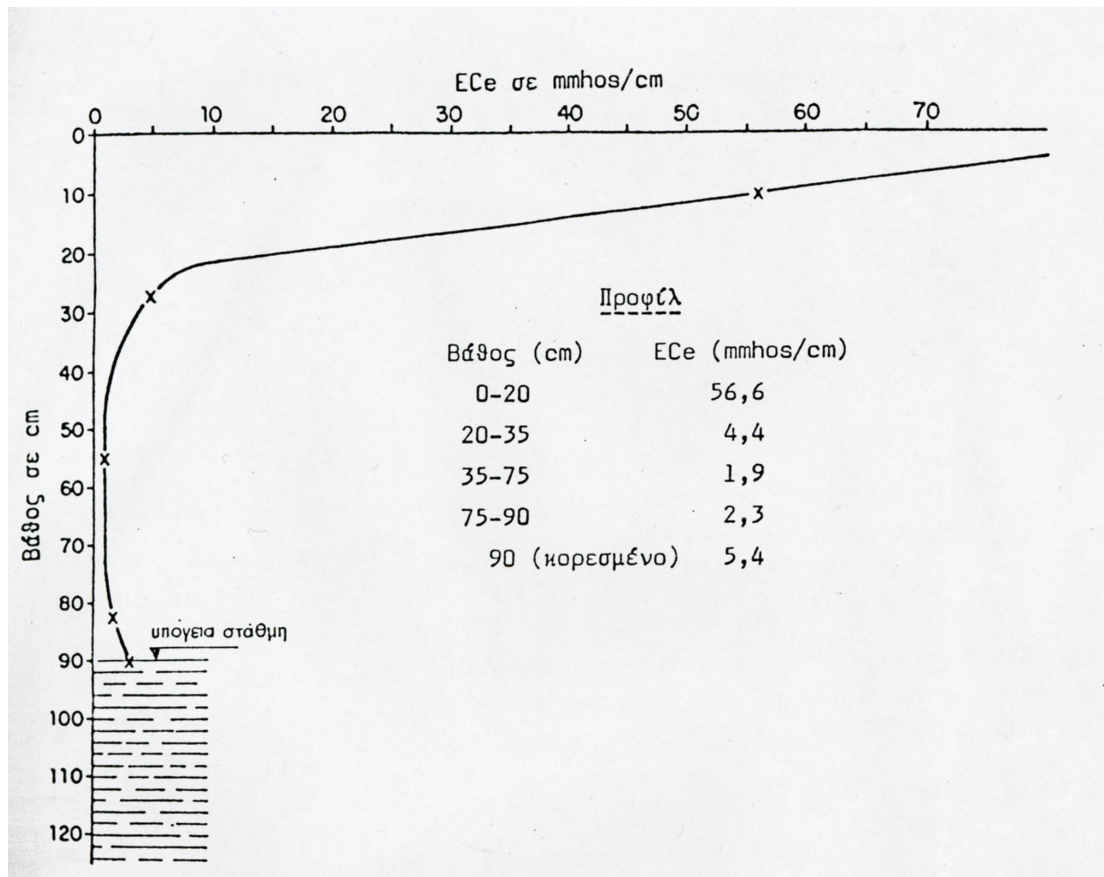
Ευπαθείς	Μέτρια ανθεκτικές	Ανθεκτικές
Λεμονιά	Φασόλια <sup>2</sup>	Καρότα
Γκρέιπ-φρουτ	Γλυκοπατάτα	Μαρούλι
Αβοκάντο	Πιπεριά	Λάχανο
Πορτοκαλιά	Τομάτα	Κουκιά
Βερικοκιά	Κολοκυθιά	Κρεμύδι
Ροδακινιά	Βρώμη	Φασόλια <sup>3</sup>
Κερασιά	Καλαμπόκι	Γλαδίολος
Μηλιά	Σιτάρι	Αλφάλφα
Δαμασκηνιά	Κριθάρι	Τεύτλα λαχαν.
Φασόλια <sup>1</sup>	Ελιά	Τεύτλα βιομ.
Αγκινάρα	Μπιζέλι	Χουρμαδιά
Καρυδιά	Ραπάνια	Σπαράγγι
	Βαμβάκι	
	Πατάτα	
	Ηλίανθος	

**Πίνακας 9: Κατάταξη των διαφόρων καλλιεργειών σε σχέση με την ανθεκτικότητά τους στο Β. (Μαλεφάκης Γ. «Διαμόρφωση ποιότητας νερού για αρδεύσεις. 1976»)**

Σημείωση: <sup>1</sup> Navy bean <sup>2</sup> Lima bean <sup>3</sup> Broad bean. Σε κάθε ομάδα φυτών η αντοχή τους αυξάνει από την αρχή προς το τέλος.

## **1.5. Μέθοδος άρδευσης**

Η μέθοδος άρδευσης με κατάκλυση είναι η πλέον κατάλληλη για νερά υψηλής αλατότητας. Με αυλάκια έχουμε υψηλή συγκέντρωση αλάτων στα πρανή μεταξύ των αυλακιών (Σχήμα 2). Με καταίονιση η συμπύκνωση των αλάτων στο φύλλωμα ίσως είναι αρκετά επιζήμια για ορισμένες καλλιέργειες, προσφέρει όμως ένα αποδοτικό τρόπο μείωσης της συγκέντρωσης των αλάτων στο επιφανειακό έδαφος. Γι' αυτό όλο και περισσότερο χρησιμοποιείται στο πρώτο πότισμα ευαίσθητων στην αλατότητα γραμμικών καλλιεργειών, όπως είναι το μαρούλι. Οι επόμενες αρδεύσεις μπορούν να γίνουν με επιτυχία χρησιμοποιώντας νερά με υψηλότερα επίπεδα αλατότητας απ' ό,τι στις άλλες μεθόδους. Στην περίπτωση αυτή, είναι πολύ σημαντικό να έχουμε ποσοτικά επαρκείς εποχιακές βροχοπτώσεις, που θα διηθήσουν τα αλάτια κάτω από τη ζώνη ριζοστρώματος. Οι μέθοδοι υπάρδευσης δεν προσφέρονται ακόμη και για μέτρια αλατούχα νερά.



**Σχήμα 2: Προφίλ αλατότητας όταν υπάρχει υψηλή υπόγεια στάθμη νερού. (Πανώρας Γ. «Ποιότητα αρδευτικού νερού» Σίνδος 1986)**

### **1.6. Διαχείριση εφαρμογής του αρδευτικού νερού**

Ο τελευταίος αυτός παράγοντας είναι πολύ σημαντικός και σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού μπορεί να εξουδετερώσει πολλά μειονεκτήματα ενός νερού κακής ποιότητας. Οι διάφορες εκτιμήσεις δείχνουν τη δυνατότητα ενός νερού για άρδευση, αλλά η πραγματική καταλληλότητα του συγκεκριμένου νερού εξαρτάται από την ικανότητα του αρδευτή για σωστή διαχείρισή του. Εφαρμόζοντας π.χ. περίσσεια νερού σε σχετικά μικρά χρονικά διαστήματα, είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε νερό αρκετά αλατούχο χωρίς συσσώρευση υψηλών

συγκεντρώσεων αλάτων στο εδαφικό προφίλ, αρκεί να εξασφαλίσουμε καλή στράγγιση. Εδάφη με μικρή διαπερατότητα μέχρι το βάθος των ριζών δύσκολα μπορούν να αρδευτούν με αλατούχο νερό.

Γεωργία συνεχώς αρδευόμενη, χρειάζεται ισοζύγιο των πολύ διαλυτών αλάτων νατρίου σ' όλη τη ζώνη του ριζοστρώματος. Κάθε διαχείριση νερού που δε διατηρεί το ισοζύγιο των αλάτων Na, θα μειώσει τελικά την παραγωγικότητα του εδάφους. Αυτός ο τύπος του αλατικού ισοζυγίου μπορεί κάλλιστα να επιτευχθεί αυξάνοντας την ομοιομορφία εφαρμογής του νερού και της αρδευτικής αποδοτικότητας, εφαρμόζοντας πλήρεις αλλά όχι υπερβολικές ποσότητες νερού και λαμβάνοντας υπόψη την έκπλυση που ολοκληρώνεται από τις εποχιακές βροχοπτώσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Ποιοτική κατάταξη των νερών για άρδευση των καλλιεργειών

#### 2.1. Ποιότητα νερών για άρδευση

EC = 0.25 – 0.75 dSm <sup>-1</sup> (mmhos cm <sup>-1</sup> ) ή 250-750 μmhos cm <sup>-1</sup>	Μέτριος κίνδυνος αλατότητας των εδαφών
EC= 0.75-2.25 dSm <sup>-1</sup> (mmhos cm <sup>-1</sup> ) ή 750-2250 μmhos cm <sup>-1</sup>	Σχετικά υψηλός κίνδυνος Αλατότητας των εδαφών
EC= 2.25-4.0 dSm <sup>-1</sup> (mmhos cm <sup>-1</sup> ) ή 2250-4000 μmhos cm <sup>-1</sup>	Υψηλός κίνδυνος αλατότητας των εδαφών
EC>4.0 dSm <sup>-1</sup> (mmhos cm <sup>-1</sup> ) ή EC > 4000 μmhos cm <sup>-1</sup>	Πολύ υψηλός κίνδυνος Αλατότητας των εδαφών

Εκτός από την παραπάνω ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης (κατάταξη εργαστηρίου αλατότητας των ΗΠΑ), τα νερά κατατάσσονται και με βάση την κατάταξη Doneen (1954). Η ποιοτική κατάταξη των νερών με βάση την κατάταξη Donnen βασίζεται:

- I. Στη δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας στο έδαφος, και
- II. Στον κίνδυνο αλκαλίωσης των εδαφών.

Η δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας στο έδαφος υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Δείκτης Περαιτότητας} = \frac{(\text{Na}^+) + \sqrt{(\text{HCO}_3^-)}}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+)} \times 100$$

όπου ( ) οι συγκεντρώσεις των ιόντων  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  εκφραζόμενες σε meq/L.

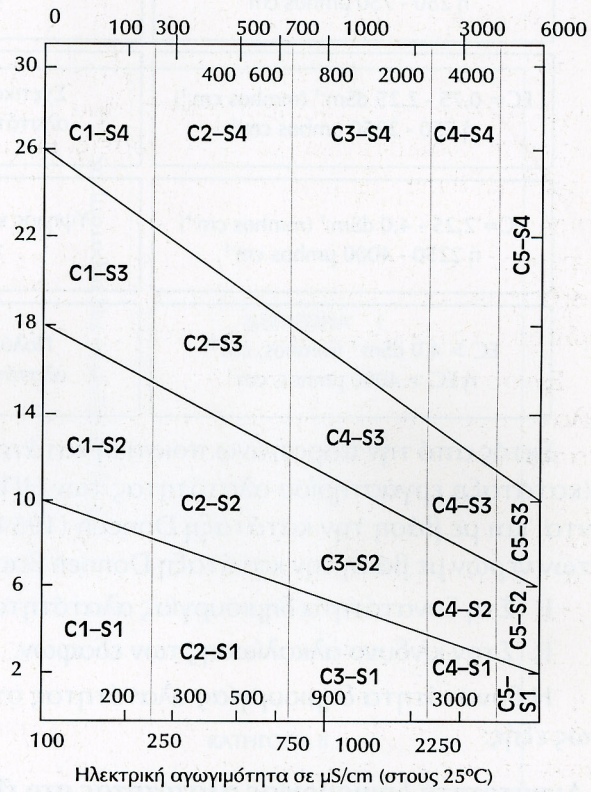
Ανάλογα με τον κίνδυνο αλκαλίωσης των εδαφών και για εδάφη με μικρή, μέση και μεγάλη περαιτότητα, τα νερά ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες (Εικ. 2,3,4).

Ο Doneen (1954) με βάση τη δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας στο έδαφος κατατάσσει τα αρδευτικά νερά σε 3 κατηγορίες (πίνακας 10).

ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΣΟΣ	ΜΕΓΑΛΟΣ	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΟΣ
1	2	3	4

$$SAR = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})}{2}}}$$



Ηλεκτρική αγωγιμότητα σε  $\mu S/cm$  (στους  $25^{\circ}C$ )

1	2	3	4	5
ΜΙΚΡΟΣ	ΜΕΣΟΣ	ΜΕΣΟΣ ΜΕΧΡΙ ΥΨΗΛΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟΣ

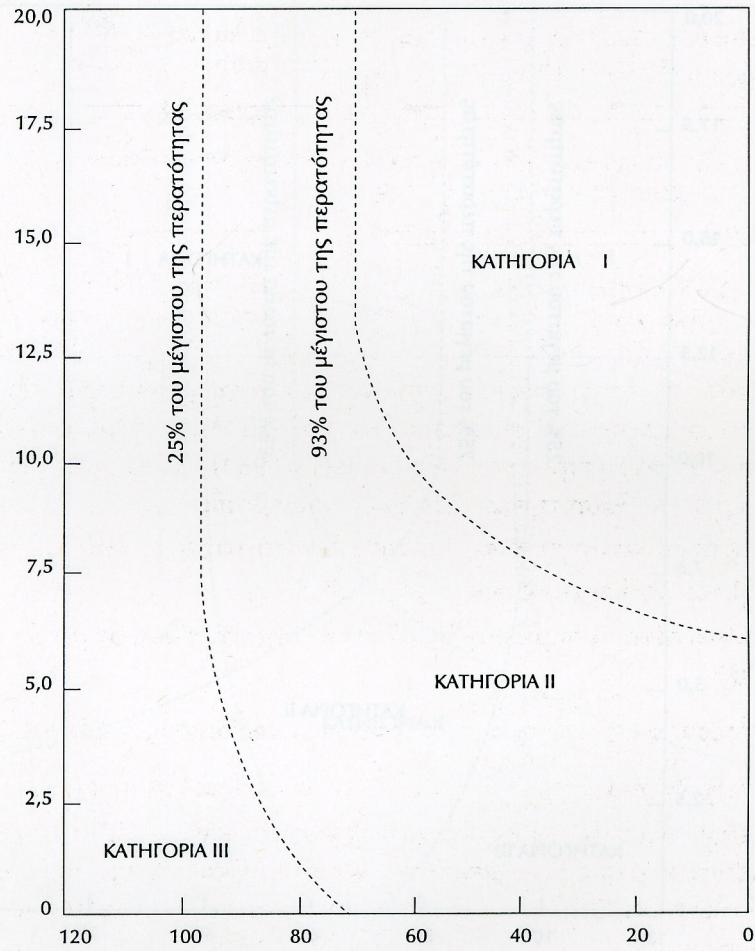
ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΛΑΤΩΣΗΣ

**ΕΙΚΟΝΑ 1.** Κατάταξη των νερών άρδευσης με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την τιμή SAR.

(Μαλεφάκης Γ. «Εναλάτωση και αλκαλίωση εδαφών. 1982»)



Ολική  
συγκέντρωση  
meq/L  
(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup>)

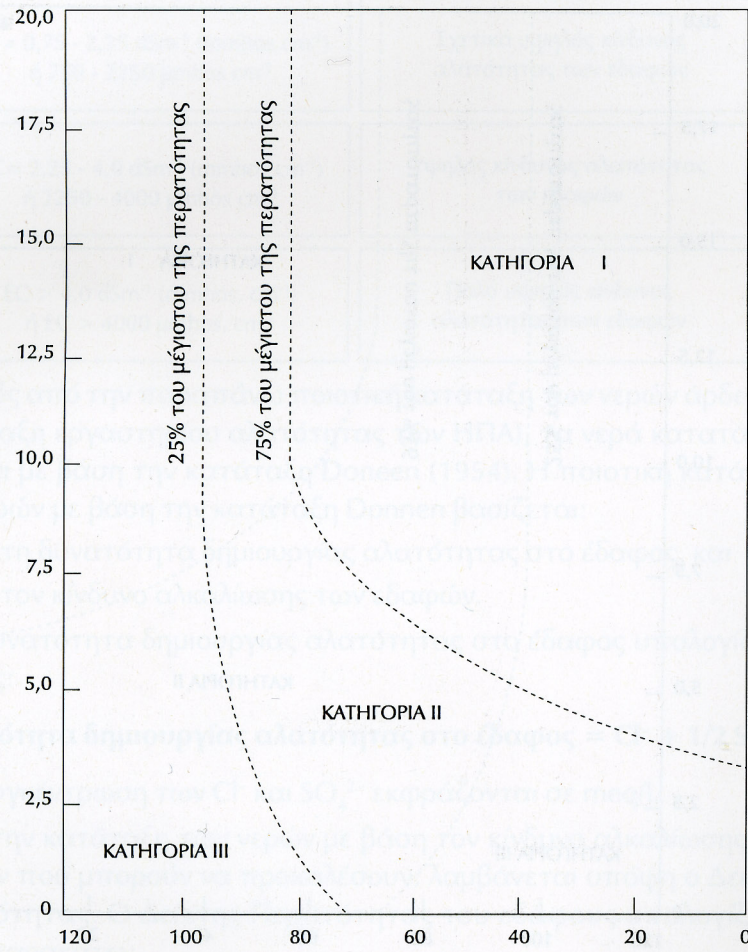


$$\text{Δείκτης περατότητας} = \frac{\text{Na}^+ + \sqrt{(\text{HCO}_3^-)}}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+) \times 100}$$

**ΕΙΚΟΝΑ 2.** Ταξινόμηση των νερών για εδάφη μικρής περατότητας (Doneen, 1954).

(Μαλεφάκης Γ. «Εναλάτωση και αλκαλίωση εδαφών. 1982»)

Ολική  
συγκέντρωση  
meq/L  
(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup>)

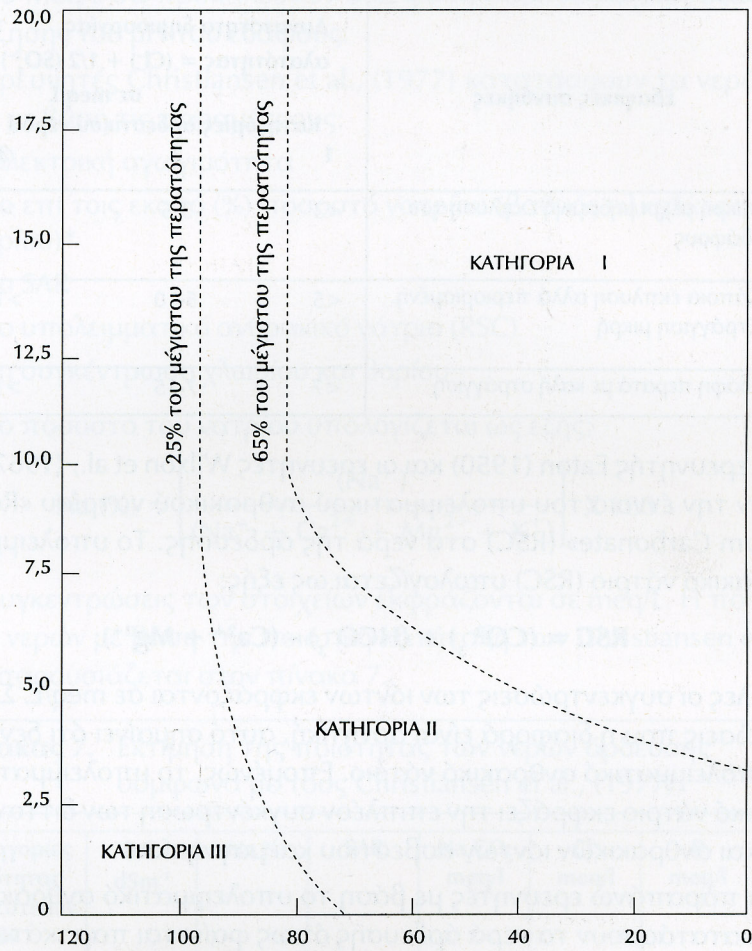


$$\text{Δείκτης περατότητας} = \frac{\text{Na}^+ + \sqrt{(\text{HCO}_3^-)}}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+) \times 100}$$

**ΕΙΚΟΝΑ 3.** Ταξινόμηση των νερών για εδάφη μέσης περατότητας (Doneen, 1954).

(Μαλεφάκης Γ. «Εναλάτωση και αλκαλίωση εδαφών. 1982»)

Ολική  
συγκέντρωση  
meq/L  
(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup>)



$$\text{Δείκτης περατότητας} = \frac{\text{Na}^+ + \sqrt{(\text{HCO}_3^-)}}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+) \times 100}$$

**ΕΙΚΟΝΑ 4.** Ταξινόμηση των νερών για εδάφη μεγάλης περατότητας (Doneen, 1954).

(Μαλεφάκης Γ. «Εναλάτωση και αλκαλίωση εδαφών. 1982»)

Εδαφικές συνθήκες	Δυνατότητα δημιουργίας Αλατότητας = $(Cl^-) + \frac{1}{2} (SO_4^{2-})$ σε meq/L		
	1	2	3
Μικρή μέχρι μηδαμινή έκπλυση του εδάφους	<3	3-5	>5
Κάποια έκπλυση αλλά περιορισμένη. Στράγγιση μικρή	<5	5-10	>10
Εδάφη περατά με καλή στράγγιση	<7	7-15	>15

**Πίνακας 10: Ταξινόμηση των νερών άρδευσης με βάση τη δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας στο έδαφος (Μαλεφάκης Γ. «Εναλάτωση και αλκαλίωση εδαφών. 1982»)**

Ο ερευνητής Eaton (1950) και οι ερευνητές Wilxon et al., (1967) εισήγαγαν την έννοια του υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου “Residual Sodium Carbonate” (RSC) στα νερά της άδρευσης. Το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (RSC) υπολογίζεται ως εξής:

$$RSC = (CO_3^{2-}) + (HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Όλες οι συγκεντρώσεις των ιόντων εκφράζονται σε meq/L. Στις περιπτώσεις που η διαφορά είναι αρνητική, αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο. Επομένως, το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο εκφράζει την επιπλέον συγκέντρωση των διττανθρακικών και ανθρακικών ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου.

Οι παραπάνω ερευνητές με βάση το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο κατατάσσουν τα νερά άρδευσης όπως φαίνεται παρακάτω:

- I. Όταν η συγκέντρωση του RSC στα νερά άρδευσης είναι πολύ μικρότερη της τιμής 1,25 meq/L ( $RSC < 1,25$ ), τότε τα νερά αυτά δεν περιέχουν κίνδυνο υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου.
- II. Όταν η συγκέντρωση του RSC στα νερά άρδευσης είναι μικρότερη της τιμής 1,25 meq/L ( $RSC < 1,25$ ), τότε τα νερά αυτά περιέχουν λίγο υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.
- III. Όταν η συγκέντρωση του RSC στα νερά άρδευσης κυμαίνεται μεταξύ 1,25-2,5 meq/L ( $RSC = 1,25-2,5$ ), τότε τα νερά αυτά περιέχουν μέτριο υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.
- IV. Όταν η συγκέντρωση του RSC στα νερά άρδευσης είναι μεγαλύτερη της τιμής 2,5 meq/L ( $RSC > 2,5$ ), τότε τα νερά αυτά περιέχουν πολύ υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο.

Με βάση την παραπάνω κατάταξη, τα νερά άρδευσης που περιέχουν υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 2,5 meq/L είναι ακατάλληλα για άρδευση των καλλιεργειών. Τα νερά άρδευσης που περιέχουν υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο μεταξύ 1,25-2,5 meq/L θα προκαλέσουν στα φυτά σοβαρές ζημιές εξαιτίας της αύξησης του pH του εδάφους.

Οι ερευνητές Christiansen et al., (1977) κατατάσσουν τα νερά άρδευσης με βάση τις παραμέτρους:

- Ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Το επί τους εκατό (5) ποσοστό νατρίου (βαθμός αλκαλίωσης νατρίου)\*
- Το SAR
- Το υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (RSC)
- Τη συγκέντρωση χλωρίου και βορίου

Το ποσοστό του νατρίου υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Na (\%)} = \left[ \frac{(\text{Na}^+)}{(\text{Na}^+ + \text{Ca}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+)} \right] \times 100$$

Οι συγκεντρώσεις των στοιχείων εκφράζονται σε meq/L. Η ποιότητα των νερών με βάση την ποιοτική κατάταξη των Christiansen et al., (1977) παρουσιάζεται στον πίνακα 11.

Κατηγορίες ποιότητας αρδευτικών νερών	E.C DSm <sup>-1</sup>	Na(%)	SAR	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	B meq/l
Άριστο	<0.5	<40	<3	<0.5	<3	<0.5
Καλό	0,5-1,0	40-60	3-6	0,5-1,0	3-6	0,5-1,0
Ανεκτό	1,0-2,0	60-70	6-9	1,0-2,0	6-10	1,0-2,0
Αμφίβολο	2,0-3,0	70-80	9-12	2,0-3,0	10-15	2,0-3,0
Επιβλαβές	3,0-4,0	80-90	12-15	3,0-4,0	15-20	3,0-4,0
Ακατάλληλο	>4,0	>90	>15	>4,0	>20	>40

**Πίνακας 11: Εκτίμηση της ποιότητας των νερών άρδευσης σύμφωνα με τους Christiansen et al., 1977.**

(Μαλεφάκης Γ. «Εναλάτωση και αλκαλίωση εδαφών. 1982»)

Η κατάταξη των νερών άρδευσης με βάση την περιεκτικότητα αυτών σε βόριο είναι μεγάλης σημασίας, επειδή το βόριο σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί τοξικά συμπτώματα στα φυτά. Στον πίνακα 11 παρουσιάζεται η ανθεκτικότητα των φυτών στο βόριο των νερών άρδευσης.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται και η κατάταξη των νερών άρδευσης με βάση τις παρακάτω παραμέτρους:

- Αλατότητα (Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης).
- Διήθηση.
- Τοξικότητα ειδικών ιόντων, ειδικότερα του νατρίου, χλωρίου και βορίου.
- Τις διάφορες επιδράσεις του αζώτου με τη νιτρική μορφή και των διττανθρακικών.

Οι ερευνητές Ayers and Westcot (1976) με βάση τις παραπάνω παραμέτρους, ταξινομούν ποιοτικά τα νερά άρδευσης όπως φαίνεται παρακάτω:

- Άρδευτικά νερά που δε δημιουργούν πρόβλημα στα εδάφη.
- Άρδευτικά νερά με αυξανόμενο πρόβλημα στα εδάφη.
- Άρδευτικά νερά που δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα στα εδάφη.

Στον πίνακα 12 παρουσιάζεται η κατάταξη των νερών άρδευσης σύμφωνα με τους Ayers and Westcot (1976).

Άρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός προβλήματος		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
Αλατότητα				
E.C.	dSm <sup>-1</sup>	<0,7	0,7-0,3	>3,0
Διαλυτά άλατα	mg/l	<450	450-2000	>2000
Διαλυτά άλατα	mg/l	<7	7-30	>30
Διήθηση				
SAR = 0 – 3 και EC =	dSm <sup>-1</sup>	>0,7	0,7-2,0	<0,2
= 3 – 6 =	dSm <sup>-1</sup>	>1,2	1,2-0,3	<0,3
= 6 – 12 =	dSm <sup>-1</sup>	>1,9	1,9-0,5	<0,5
= 12 – 20 =	dSm <sup>-1</sup>	>2,9	2,9-1,3	<1,3
= 20 – 40 =	dSm <sup>-1</sup>	>5,0	5,0-2,9	<2,9
Τοξικότητα ειδικών ιόντων				
<b>Νάτριο</b>				
Άρδευση με ροή	SAR	<3	3,0-9,0	>9,0
Καταιόνιση	meq/l	<3	>3,0	
<b>Χλώριο</b>				
Άρδευση με ροή	meq/l	<4,0	4,0-10	>10
Καταιόνιση	meq/l	<3,0	>3,0	
<b>Βόριο</b>				
Διάφορες επιδράσεις	meq/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Άζωτο (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N)	meq/l	<5,0	5,0-30	>30
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
pH Κανονικό επίπεδο 6,5-8,4				

**Πίνακας 12: Εκτίμηση της ποιότητας των νερών άρδευσης κατά Ayers and Westcot, 1976.**

(Μαλεφάκης Γ. «Εναλάτωση και αλκαλίωση εδαφών. 1982»)



Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χημικής ανάλυσης δειγμάτων νερού από γεωτρήσεις διάφορων περιοχών ως εξής:

Παράμετροι νερού	Μονάδες	Περιοχές που βρίσκονται οι γεωτρήσεις				
		1	2	3	4	5
pH		7,48	7,53	7,04	7,74	7,19
EC	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	493	407	2363	11190	3125
Διαλυτά άλατα	meq/l	4,9	4	24	112	31
$\text{CO}_3^{2-}$	meq/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\text{HCO}_3^-$	meq/l	4,7	3,6	7,7	5,4	6,9
$\text{Cl}^-$	meq/l	0,3	0,3	11,6	104,7	3,9
$\text{SO}_4^{2-}$	meq/l	-	-	-	-	-
$\text{Ca}^{2+}$	meq/l	2,6	3,4	10,0	13,0	33,6
$\text{Mg}^{2+}$	meq/l	2,2	1,0	4,4	24,8	3,4
$\text{Na}^+$	meq/l	1,2	0,5	8,2	82,6	3,5
Βαθμός αλκαλίωσης Na	%	20	10,2	36,3	68,6	8,4
Υπολειμματικό $\text{Na}_2\text{CO}_3$	meq/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας	meq/l	0,3	0,3	11,6	104,7	3,9
Δείκτης περατότητας	%	56,2	63	48,5	42,2	15,1
SAR		0,8	0,3	3,1	19	0,8

**Πίνακας 13: Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης δειγμάτων νερού από γεωτρήσεις διάφορων περιοχών της Ελλάδας. (Πηγή ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών)**

1. Σπάρτη
2. Φωκίδα
3. Καλλιθέα Αττικής
4. Δροσιά Χαλκίδας
5. Ηράκλειο Κρήτης

Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χημικής ανάλυσης δειγμάτων νερού για άρδευση από φρεάτια διάφορων περιοχών ως εξής:

Παράμετροι νερού	Μονάδες	Περιοχές που βρίσκονται τα φρεάτια				
		1	2	3	4	5
pH		7,5	7,68	7,09	7,08	6,86
EC	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	1185	2240	4430	4590	4120
Διαλυτά άλατα	meq/l	12	22,4	44,3	46	41,2
$\text{CO}_3^{2-}$	meq/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\text{HCO}_3^-$	meq/l	6,9	5,2	5,5	9,5	7,4
$\text{Cl}^-$	meq/l	4,3	14,4	35,9	26,4	33,5
$\text{SO}_4^{2-}$	meq/l	-	-	-	-	-
$\text{Ca}^{2+}$	meq/l	5,2	4,0	11,0	6,8	7,8
$\text{Mg}^{2+}$	meq/l	3,6	3,6	6,4	6,6	4,8
$\text{Na}^+$	meq/l	4,2	16,1	31,3	33,9	14,3
Βαθμός αλκαλίωσης Na	%	32,3	67,9	64,3	71,7	53,2
Υπολειμματικό $\text{Na}_2\text{CO}_3$	meq/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας	meq/l	4,3	14,4	35,9	26,4	33,5
Δείκτης περατότητας SAR	%	52,5	77,6	69,1	78,2	63,3
		2,0	8,3	10,6	13,1	5,7

**Πίνακας 14: Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης δειγμάτων νερού για άρδευση από φρεάτια**

(Πηγή ΕΘ.Ι.ΑΓ. Ε., Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών)

1. Άλιμος Αττικής
2. Χαλάνδρι Αττικής
3. Μαραθώνας Αττικής
4. Σπέτσες
5. Ερέτρια Εύβοιας

Στον πίνακα 15 παρουσιάζονται μερικές παράμετροι των νερών του ποταμού Αξιού που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Οι αναλύσεις των δειγμάτων νερού του ποταμού Αξιού πραγματοποιήθηκαν από το Ινστιτούτο Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.).

Η ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης είναι απαραίτητο να γίνεται σε μικρές ή μεγάλες γεωργικές περιοχές. Τα νερά θα πρέπει να αξιολογούνται, προτού χρησιμοποιηθούν για άρδευση των καλλιεργειών.

Όπως τονίσαμε, το πρόβλημα της ποιότητας των νερών δε σχετίζεται μόνο με την ευαισθησία των καλλιεργούμενων φυτών στα άλατα ή στο βόριο ή στο χλώριο, αλλά συνδέεται άμεσα με τις χημικές και φυσικές ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών.

Παράμετροι ανάλυσης νερού	Μονάδες	Αξιός ποταμός
pH		7,5
EC	$\mu\text{s.cm}^{-1}$	363
Διαλυτά άλατα	meq/l	3,6
Cl <sup>-</sup>	meq/l	0,4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/l	3,4
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	meq/l	0,1
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	meq/l	3,4
Na <sup>+</sup>	meq/l	0,5
SAR		0,38
Βαθμός αλκαλίωσης Na %		12,8
Δείκτης περατότητας %		60,1
Δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας	meq/l	0,5

**Πίνακας 15: Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης δειγμάτων νερού του ποταμού Αξιού**

(Πηγή: ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης)

Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα, τα οποία προέκυψαν από την αξιολόγηση της ποιότητας των υπόγειων νερών του Νομού Κορινθίας που χρησιμοποιούνται για άρδευση των καλλιεργειών της περιοχής (Καραλάζος, Μήτσιο, Πασχαλίδης και Χατζούδης, 1992).

Η ερευνητική αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε κατά τα έτη 1990-1992 και αναλύθηκαν 495 δείγματα νερού, προερχόμενα από πηγάδια, γεωτρήσεις και πηγές. Η επεξεργασία των εργαστηριακών μετρήσεων έγινε από ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη βοήθεια ενός προγράμματος που δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό από τους Χατζούδη, Μήτσιο, Πασχαλίδη και Καραλάζο, (1992).

Η κατάταξη των νερών αυτών έγινε με βάση:

- Την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Το SAR.
- Το βαθμό αλκαλίωσης του νατρίου και μαγνησίου.
- Το υπολειμματικό  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Η κατάταξη των νερών με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα έδειξε ότι το 77,8% των δειγμάτων κυμαίνεται από 250-1700  $\mu\text{Scm}^{-1}$  ( $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ ), που σημαίνει ότι τα νερά αυτά είναι μικρής (24,4%) και μέσης (53,4%) περιεκτικότητας σε άλατα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς πρόβλημα για την άρδευση των περισσότερων καλλιεργειών που υπάρχουν στην περιοχή. Το 20,6% των δειγμάτων εμφανίζει ηλεκτρική αγωγιμότητα 1700-6000  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , είναι δηλαδή νερά μέσης μέχρι υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ορισμένες καλλιέργειες, αφού πρώτα εξεταστούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εδάφους στο οποίο θα εφαρμοστούν. Το υπόλοιπο (1,6%) των δειγμάτων είναι ακατάλληλο για άρδευση.

Η αξιολόγηση με βάση τις τιμές του SAR έδειξε, ότι το 84% των δειγμάτων με ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη από 2250  $\mu\text{Scm}^{-1}$  έχουν

SAR < 10, που σημαίνει ότι ο κίνδυνος νατρίου είναι μικρός. Το υπόλοιπο (16%) των δειγμάτων με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $2250 \mu\text{Scm}^{-1}$  έχει ως εξής:

Τιμή SAR	Αξιολόγηση	% ποσοστό
<4	Κίνδυνος νατρίου μικρός	9,1
4-9	Κίνδυνος νατρίου μέσος	5,7
9-14	Κίνδυνος νατρίου μεγάλος	0,6
>14	Κίνδυνος νατρίου μεγάλος	0,6

Αν συνδυάσουμε την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και την τιμή SAR και αφού χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα της εικόνας 1, τότε το 84% των δειγμάτων ανήκουν στις κατηγορίες  $C_2 - S_1$  (22%) και  $C_3 - S_1$  (62%) με μικρό μέχρι μέσο κίνδυνο αλάτωσης και μικρό κίνδυνο νατρίου, ενώ μόνο το 1,4% των δειγμάτων είναι τελείως ακατάλληλο.

Μόνο σε 13 δείγματα (2,6%) παρατηρήθηκε υψηλός βαθμός αλκαλίωσης νατρίου (> 60%) και μόνο σε 6 δείγματα (1,2%) παρατηρήθηκε υψηλός βαθμός αλκαλίωσης μαγνησίου (> 60%).

Η ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης έδειξε ότι στο 84,8% των δειγμάτων δε βρέθηκε υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο και ότι μόνο στο υπόλοιπο (15,2%) βρέθηκε υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο όπως παρακάτω:

Υπολειμματικό ανθρακικό Νάτριο (meq/l)	Ποιοτική εκτίμηση	% ποσοστό
<1,25	Νερά κατάλληλα για άρδευση	8,9
1,25-2,5	Νερά κατάλληλα για προϋποθέσεις	2,9
>2,5	Νερά ακατάλληλα για άρδευση	3,4

Η ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης είναι απαραίτητο να γίνεται σε μικρές ή μεγάλες γεωργικές περιοχές. Τα νερά θα πρέπει να αξιολογούνται προτού χρησιμοποιηθούν για άρδευση. Όπως τονίσαμε, το πρόβλημα της ποιότητας των νερών δε σχετίζεται μόνο με την ευαισθησία των καλλιεργούμενων φυτών στα άλατα, ή στο βόριο, ή στο χλώριο, αλλά συνδέεται άμεσα με τις χημικές και φυσικές ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν με βάση την εκτίμηση των αποτελεσμάτων των επί μέρους παραμέτρων και με δεδομένο, ότι τα δείγματα που αναλύθηκαν προέρχονται από το σύνολο του Νομού Κορινθίας, καθώς και το ότι δε διαπιστώθηκαν σημαντικές ποιοτικές μεταβολές κατά τις διάφορες χρονικές περιόδους έχουν ως εξής:

- Το 80% του συνόλου των δειγμάτων είναι καλής και μέτριας ποιότητας και δε δημιουργούν πρόβλημα αλάτωσης στο έδαφος, ούτε προκαλούν τοξικά συμπτώματα στις καλλιέργειες του Νομού Κορινθίας.
- Το 16-18% των νερών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση μόνο με προϋποθέσεις και με συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας αυτών. Ταυτόχρονα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ο τύπος του εδάφους, οι συνθήκες στράγγισης και το είδος της καλλιέργειας.
- Από το σύνολο των εξετασθέντων δειγμάτων μόνο το 2,4% είναι κατάλληλο για αρδευτική χρήση.

## **2.2. Τοξικά συμπτώματα στα φυτά από τα νερά άρδευσης**

Τα τοξικά προβλήματα στα φυτά διαφέρουν από τα προβλήματα που προκαλούν σ' αυτά η αλατότητα του νερού ή του εδάφους. Τα τοξικά προβλήματα προκαλούνται όταν μερικά στοιχεία, όπως είναι το χλώριο, νάτριο και βόριο προσλαμβάνονται από τα φυτά, από το εδαφικό διάλυμα και συσσωρεύονται στα φύλλα των φυτών κατά τη διάρκεια της διαπνοής.

Η έκταση των τοξικών συμπτωμάτων εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, τη συγκέντρωση των στοιχείων, την ευαισθησία των φυτών στα τοξικά στοιχεία και την ποσότητα του νερού που απορροφούν τα φυτά.

Τα τοξικά στοιχεία νάτριο και χλώριο απορροφούνται κατευθείαν από τα φύλλα των φυτών, όταν αυτά διαβρέχονται με τις σταγόνες της τεχνητής βροχής. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε περιόδους υψηλής ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας της ατμόσφαιρας.

Τα βαρέα μέταλλα είναι, επίσης, τοξικά στα φυτά σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Ευτυχώς, δεν παρατηρήθηκαν τοξικά συμπτώματα σε καλλιεργούμενα φυτά από τη χρήση νερών που να περιέχουν βαρέα μέταλλα.

### **2.2.1. Χλώριο**

Το πλέον τοξικό στοιχείο που υπάρχει στα νερά για άρδευση είναι το χλώριο. Είναι γνωστό ότι το χλώριο δε δεσμεύεται από το έδαφος, αλλά υπάρχει στο εδαφικό διάλυμα με την ιονική μορφή. Το χλώριο του εδαφικού διαλύματος μετακινείται διαμέσου των εδαφικών πόρων με τα

νερά της έκπλυσης στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής. Το χλώριο του εδαφικού διαλύματος προσλαμβάνεται από το ριζικό συστημάτων φυτών και με τη διαπνοή αυτών συσσωρεύεται στα φύλλα.

Όταν η συγκέντρωση του χλωρίου στα φύλλα των φυτών υπερβεί την αντοχή τους στο χλώριο, τότε εμφανίζονται τοξικά συμπτώματα στα φυτά όπως είναι το κάψιμο των φύλλων ή η ξήρανση των ιστών στα φύλλα. Αρχικά, προσβάλλονται οι κορυφές των φύλλων που είναι κοινό τοξικό σύμπτωμα του χλωρίου. Εκτεταμένες νεκρώσεις των φύλλων από την τοξικότητα του χλωρίου συνοδεύονται με την πτώση των φύλλων ή και με την αποφύλλωση του φυτού.

Στα ευαίσθητα φυτά τα συμπτώματα της τοξικότητας του χλωρίου συμβαίνουν όταν η συγκέντρωση του στα φύλλα ανέρχεται στο 0,3-1% της ξηρής ουσίας. Πολλά δένδρα παρουσιάζουν τοξικά συμπτώματα, όταν η συγκέντρωση του χλωρίου στα φύλλα είναι μεγαλύτερη από το 0,3% της ξηρής ουσίας των φύλλων.

Σε ποτιστικά χωράφια η πρόσληψη του χλωρίου από τα φυτά εξαρτάται όχι μόνο από την ποιότητα του νερού άρδευσης, αλλά και από τη συγκέντρωση του χλωρίου στο εδαφικό διάλυμα. Επίσης, εξαρτάται και από τις συνθήκες στράγγισης του χωραφιού, όπως επίσης και από την ικανότητα του φυτού να αποκλείει το χλώριο κατά την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες.

Ο πίνακας 16 παρουσιάζει την αντοχή των καλλιεργούμενων φυτών στο χλώριο, στο εκχύλισμα κορεσμού ή στο χλώριο του νερού άρδευσης (Maas, 1984). Τα στοιχεία του πίνακα 16 μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν βάση σε καλλιεργητικές πρακτικές. Όταν όμως υπάρχουν τοπικές εμπειρίες, αναφορικά με τα επίπεδα του χλωρίου που προκαλούν τοξικά συμπτώματα στα φυτά, θα πρέπει να αξιοποιούνται οι εμπειρίες αυτές.



Φυτά	Υποκείμενα και Ποικιλίες	Ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση χλωρίου χωρίς την εμφάνιση συμπτωμάτων.	
		ριζόστρομα (Cle) (meq/l)	νερό άρδευσης (Clw) (meq/l)
Αβοκάντο (Persea Americana) Εσπεριδοειδή (Citrus spp)	West Indian	7,5	5,0
	Guaternalan	6,0	4,0
	Mexican	5,0	3,3
	Sunki Mandarin	25,0	16,6
	Grapefruit	25,0	16,6
	Cleopatra mandarin	25,0	16,6
	Rungpur lime	25,0	16,6
	Sampson tangelo	15,0	10,0
	Rough lemon	15,0	10,0
	Sour orange	15,0	10,0
	Ponkan mandarin	15,0	10,0
	Citrumelo 4475	10,0	6,7
	Triofoliolate orange	10,0	6,7
	Cuban shaddock	10,0	6,7
	Calamondin	10,0	6,7
	Sweet orange	10,0	6,7
	Savage citrange	10,0	6,7
Rusk citrange	10,0	6,7	
Troyer citrange	10,0	6,7	
Αμπέλι (Vitis spp)	Salt Greek, 1613-3	40,0	27,0
	Dog Ridge	30,0	20,0
	Marianna	25,0	27,0
Πυρηνόκαρπα (Prunus spp)	Lovell, Shalil	10,0	6,7
	Yannan	7,5	5,0
	<b>Ποικιλίες</b>		
Αμπέλι (Vitis spp)	Thompson seedless	20,0	13,3
	Perlette	20,0	13,3
	Cardinal	10,0	6,7
	Black Rose	10,0	6,7
Φράουλες (Fragaria spp)	Lassen	7,5	5,0
	Shasta	5,0	3,3

**Πίνακας 16: Ανθεκτικότητα διάφορων ποικιλιών οπωροφόρων δένδρων και υποκειμένων αυτών στο χλώριο, Mass 1984.**  
(Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)

### **2.2.2. Νάτριο**

Τα τοξικά συμπτώματα του νατρίου στα φυτά δεν είναι τόσο εύκολο να γίνουν αντιληπτά, όπως συμβαίνει με τα τοξικά συμπτώματα χλωρίου στα φυτά. Τα τοξικά συμπτώματα του νατρίου οφείλονται στη μεγάλη συγκέντρωση του νατρίου στα νερά της άρδευσης (μεγάλη συγκέντρωση νατρίου ή μεγάλο SAR). Τα συμπτώματα της τοξικότητας του νατρίου στα φύλλα των φυτών είναι το κάψιμο των φύλλων. Οι φυλλικοί ιστοί κατά μήκος των εξωτερικών άκρων των φύλλων είναι ξηροί και νεκροί. Όπως διαπιστώνεται, τα τοξικά συμπτώματα του νατρίου στα φύλλα είναι σχεδόν αντίθετα με τα τοξικά συμπτώματα του χλωρίου στα φύλλα, που από την αρχή της εμφάνισης τους είναι έντονα στις κορυφές των φύλλων.

Στον πίνακα 17 παρουσιάζεται η αντοχή των διάφορων φυτών στο εναλλακτικό νάτριο. Από τα στοιχεία του πίνακα αυτού προκύπτει ότι τα πλέον ευαίσθητα φυτά στο νάτριο είναι η κερασιά, ροδακινιά, βερικοκιά, πορτοκαλιά, γκρέιπ φρουτ, αβοκάντο, φουντουκιά, φιστικιά και φασόλια, καθώς και άλλα φυτά. Τοξικά συμπτώματα νατρίου εμφανίζονται στα φύλλα των φυτών, όταν η συγκέντρωση του νατρίου ανέρχεται σε 0,25-0,5% της ξηρής ουσίας των φύλλων.

## Ευαίσθητα φυτά

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα
Rersea Americana	Αβοκάντο
Prunus avium	Κερασιά
Prunus persica	Ροδακινιά
Prunus armeniaca	Βερικοκιά
Pistacia spp	Φιστικιά
Corylus avellana	Φουντουκιά
Phaseolus vulgaris	Φασολιά
Gossypium hirsutum	Βαμβάκι (στο φύτρωμα των σπόρων)
Zea mays	Καλαμπόκι
Pisum sativum	Μπιζέλια
Citrus paradisi	Γκρέιπ φρουτ
Citrus sinensis	Πορτοκαλιά
Citrus verticulata	Μανταρινιά
Phaseolus aureus	Φασολιά
Phaseolus mungo	Φασόλια
Lens calinaris	Φακές
Arachis hypogaea	Αράπικο φιστίκι
Cicer arietinum	Ρεβίθια
Vigna sinensis	Βίγκνα

## Μέτρια ανθεκτικά φυτά

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα
Daucus carota	Καρότο
Trifolium repens	Ασπροτρίφυλλο
Festuca arundinacea	Φεστούκα
Lactuca sativa	Μαρούλι
Trifolium alexandrinum	Τριφύλλι αλεξανδρινό
Melilotus parviflora	Μελίλωτος
Avena sativa	Βρώμη
Allium cepa	Κρεμμύδι
Raphanus sativus	Ραπανάκι
Olyza sativa	Ρύζι
Secale cereale	Σίκαλη
Lolium multiflorum	Ήρα η πολύανθη
Sorghum vulgare	Σόργο
Spinacia oleracea	Σπανάκι
Lycopersicon esculentum	Τομάτα
Vicia sativa	Βίκος
Triticum vulgare	Σιτάρι

## Ανθεκτικά φυτά

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα
Medicago sativa	Μηδική
Hordeum vulgare	Κριθάρι
Beta vulgaris	Παντζάρια
Beta vulgaris	Ζαχαρότευτλα
Cynodon dactylon	Βερνούδα
Gossypium hirsutum	Βαμβάκι
Agropyron cristatum	Αγρόπυρο
Argopyron elengatum	Αγρόπυρο

### Πίνακας 17: Σχετική αντοχή των φυτών στο νάτριο

(Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)

### 2.2.3. Βόριο

Το βόριο είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών. Είναι, επίσης, απαραίτητο για τα φυτά σε μικρές ποσότητες, όταν όμως βρίσκεται σε ποσότητες μεγαλύτερες από ό,τι χρειάζονται τα φυτά, τότε το στοιχείο αυτό προκαλεί τοξικά συμπτώματα σ' αυτά.

Αναφέραμε και στην ενότητα 1.7 ότι τα νερά άρδευσης που περιέχουν περισσότερο από 0,75 mg/L (ppm) βόριο, πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγάλη προσοχή. Τα νερά άρδευσης που περιέχουν 0,2 mg/L (ppm) βόριο είναι πολύ χρήσιμα για τα φυτά, γιατί η συγκέντρωση αυτή είναι ωφέλιμη γι' αυτά. Τα νερά άρδευσης που περιέχουν 1-2 mg/L (ppm) βόριο είναι επιβλαβή στα φυτά, γιατί οι συγκεντρώσεις αυτές μπορεί να προκαλέσουν έντονα τοξικά συμπτώματα στα φυτά.

Τα επιφανειακά νερά των εδαφών σπάνια περιέχουν βόριο σε συγκεντρώσεις που θα προκαλέσουν τοξικά συμπτώματα στα φυτά. Τα νερά που προέρχονται από πηγάδια ή από πηγές, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να περιέχουν βόριο σε τέτοιες συγκεντρώσεις που να προκαλούν τοξικά συμπτώματα στα φυτά.

Τα τοξικά συμπτώματα του βορίου στα φύλλα των φυτών αρχικά, παρουσιάζονται στα παλιά φύλλα σαν κίτρινες κηλίδες ή ξήρανση των φυλλικών ιστών στις κορυφές των φύλλων και στις άκρες αυτών. Η χλώρωση και η ξήρανση επεκτείνονται προς το κέντρο των φύλλων και στους χώρους που βρίσκονται μεταξύ των νεύρων των φύλλων, όταν η συγκέντρωση του βορίου αυξάνεται. Στα φυτά που είναι ευαίσθητα στην παρουσία βορίου στα νερά άρδευσης, όπως είναι η κερασιά, δαμασκηλιά, καθώς και άλλα φυτά, δεν παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά τοξικά συμπτώματα στα φύλλα, αλλά είναι εμφανής η παρουσία κόλλας ή εκκρίσεων στα κλαδιά και στους κορμούς των δένδρων αυτών.

Τα τοξικά συμπτώματα στα φύλλα των φυτών εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση του βορίου στα φύλλα υπερβεί τα 250-300 mg/kg ξηρής ουσίας των φύλλων. Τα συμπτώματα της τοξικότητας του βορίου στα φύλλα δεν παρουσιάζονται στα φυτά, ροδακινιά, δαμασκηλιά, αμυγδαλιά, αχλαδιά, μηλιά κ.α. Έτσι, για το λόγο αυτό δεν ενδείκνυται να λαμβάνονται φύλλα από τα δένδρα αυτά προκειμένου να γίνει η φυλλοδιαγνωστική στο εργαστήριο. Στις περιπτώσεις αυτές, προκειμένου να γίνει η σχετική διάγνωση, συνιστάται να γίνεται χημική ανάλυση των νερών άρδευσης και χημική ανάλυση του εδάφους. Τα τοξικά συμπτώματα στα φυτά από το βόριο μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά στις μεγάλες συγκεντρώσεις βορίου των νερών άρδευσης.

Στον πίνακα 18 εμφανίζεται η ανθεκτικότητα των καλλιεργούμενων φυτών στο βόριο των νερών άρδευσης. Ο πίνακας 18 καταρτίστηκε (Wilcox and Durum, 1967) όχι με βάση τα τοξικά συμπτώματα στα φυτά,

αλλά με βάση τις απώλειες στην παραγωγή, όταν η συγκέντρωση του βορίου στα νερά άρδευσης υπερβεί τις τιμές του βορίου που παρουσιάζονται στον πίνακα 18 για κάθε φυτό. Η ανθεκτικότητα των φυτών στο βόριο ποικίλλει και εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής, τις εδαφικές συνθήκες και από τις ποικιλίες των φυτών. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της συγκέντρωσης του βορίου στα νερά της άρδευσης είναι η τιμή της συγκέντρωσης του βορίου, που παρουσιάζεται στον πίνακα 18 ή μικρότερη από την τιμή αυτή.

#### **Πολύ ευαίσθητα φυτά (<0,5 mg/l)**

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>	<b>Αγγλικό όνομα</b>
Citrus limon	Λεμονιά	Lemon
Rubus spp	Βατόμουρο	Blackberry

#### **Ευαίσθητα φυτά (0,5-0,75 mg/l)**

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>	<b>Αγγλικό όνομα</b>
Persea Americana	Αβοκάντο	Avocado
Citrus paradisi	Γκρέιπ φρούτ	Grapefruit
Citrus sinensis	Πορτοκαλιά	Orange
Prunus armeniaca	Βερικοκιά	Apricot
Prunus persica	Ροδακινιά	Peach
Prunus avium	Κερασιά	Cherry
Prunus domestica	Δαμασκηνιά	Plum
Diospyros Kaki	Διόσπυρος	Persimmon
Ficus carica	Συκιά η κοινή	Fig, kadota
Vitis vinifera	Αμπέλι	Grape
Juglans regia	Καρυδιά	Walnut
Vigna unguiculata	Βίγκνα	Cowpea
Allium cepa	κρεμμύδι	onion

### Ευαίσθητα φυτά (0,75-1,0 mg/l)

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	Αγγλικό όνομα
Allium sativum	Σκόρδο	Garlic
Ipomoea batatas	Γλυκοπατάτα	Sweet potato
Triticum aestivum	Σιτάρι	Wheat
Hordeum vulgare	Κριθάρι	Barley
Helianthus annuus	Ηλίανθος	Sunflower
Vigna radiata	Βίγκνα	Bean, mung
Sesamum indicum	Σησάμι	Sesame
Lupinus hartwegii	Λούπινα	Lupine
Fragaria spp	Φράουλες	Strawberry
Helianthus tuberosus	Αγγινάρα	Artichoke, Jerusalem
Phaseolus vulgaris	Φασόλια	Bean, kidney
Phaseolus linatus	Φασόλια	Bean, lima
Arachis hypogaea	Αράπικο φιστίκι	Croundnut / Peanut

### Μέτρια ανθεκτικά φυτά (1,0-2,0 mg/l)

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	Αγγλικό όνομα
Capsicum annuum	Κόκκινη πιπεριά	Pepper, red
Pisum sativa	Μπιζέλια	Pea
Daucus carota	Καρότο	Carrot
Raphanus sativus	Ραπανάκι	Radish
Solanum tuberosum	Πατάτες	Potato
Cucumis sativus	αγγούρι	Cucumber

### Μέτρια ανθεκτικά φυτά (2,0-4,0 mg/l)

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	Αγγλικό όνομα
Lactuca sativa	Μαρούλι	Lettuce
Brassica oleracea capitata	Μάππα	Cabbage
Apium graveolens	Σέλινο	Celery
Brassica rapa	Γογγύλη	Turnip
Poa pratensis	Κεντάκι	Kentucky, Bluegrass
Avena sativa	Βρώμη	Oats
Zea mays	Καλαμπόκι	Maize
Cinara scolymus	Αγκινάρα	Artichoke
Nicotiana tabacum	Καπνός	Tobacco
Brassica juncea	Σινάπι	Mustard
Melilotus indica	Μελίλωτος	Clover, sweet
Cucurbita pepo	Κολοκυθάκια	Squash
Cucumis melo	Αρωματικό πεπόνι	muskmelon

### Ανθεκτικά φυτά (4,0-6,0 mg/l)

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	Αγγλικό όνομα
Sorghum bicolor	Σόργο	Sorghum
Lycopersicum esculentum	Τομάτα	Tomato
Medicago sativa	Μηδική	Alfalfa, Lucerne
Vicia benghalensis	Βίκος	Vetch, purple
Petroselinum crispum	Μαϊντανός	Parsley
Beta vulgaris	Κοκκινογούλια	Beet, red
Beta vulgaris	Ζαρατότευτλα	Sugarbeet

### Πολύ ανθεκτικά φυτά (6,0-15,0 mg/l)

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	Αγγλικό όνομα
Gossypium hirsutum	Βαμβάκι	Cotton
Asparagus officinalis	σπαράγγι	Asparagus

**Πίνακας 18: Ανθεκτικότητα των φυτών στο βόριο των νερών άρδευσης σύμφωνα με Wilcox and Durum, 1967. (Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)**

Στον πίνακα 19 παρουσιάζονται τα υποκείμενα των εσπεριδοειδών και των πυρηνόκαρπων κατά αυξανόμενη σειρά μεγέθους σχετικά με τη συσσώρευση του βορίου σ' αυτά, καθώς και της δυνατότητας μετακίνησης του βορίου στα φύλλα των φυτών.



Βοτανικό είδος	Αγγλικό όνομα	Επίπεδο συσσώρευσης βορίου
<b>Εσπεριδοειδή</b>		
Citrus macrophylla	Alemow	Χαμηλό
Citrus pennivesiculata ή	Gajanimma	↓
Citrus moi		
Severinia buxifolia	Chinese box orange	
Citrus aurantium	Sour orange	
XCitrofortunella mitis	Calamondin	
Citrus sinensis	Sweet orange	
Citrus junos	Yuzu	
Citrus limon	Rough lemon	
Citrus Xparadisi	Grapefruit	
Citrus Xlimonia	Rangrup lime	
XCitroncirus webberi	Troyer citrange	
XCitroncirus webberi	Savage citrange	
Citrus reticulata	Cleopatra mandarin	
XCitroncirus webberi	Rusk citrange	
Citrus reticulata	Sunki mandarin	
Citrus limon	Sweet lemon	
Poncirus trifoliata	Trifoliata orange	
Poncirus trifoliata XCitrus paradisi	Citrumelo 4475	
Citrus reticulata	Ponkan mandarin	
Citrus Xtangelo	Sampson tangelo	↓
Citrus maxima	Cuban shaddack	
Citrus aurantiifolia	Sweet lime	Υψηλό
<b>Πυρηνόκαρπα</b>		
Prunus dulcis	Almond	Χαμηλό
Prunus armeniaca	Apricot	↓
Prunus domestica	Marianna plum	
Prunus persica	Shalil peach	Υψηλό

**Πίνακας 19: Υποκείμενα εσπεριδοειδών και πυρηνόκαρπων κατά αυξανόμενη σειρά μεγέθους συσσώρευσης του βορίου σ' αυτά και μετακίνησης του βορίου στα φύλλα, Maas, 1984.**

**(Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)**

#### **2.2.4. Βαρέα μέταλλα**

Έχει διαπιστωθεί, ότι στα περισσότερα νερά που χρησιμοποιούνται για την άρδευση των καλλιεργειών, υπάρχουν βαρέα μέταλλα σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα νερά άρδευσης ανέρχονται σε μερικά mg/L και σε πολλές περιπτώσεις είναι περίπου 100 mg/L. Από εργαστηριακές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα νερά των ποταμών Νέστου, Στρυμόνα, Αξιού, Αλιάκμονα, Πηνειού και Αχελώου εντοπίστηκε συγκέντρωση καδμίου σε επίπεδα μικρότερα των 0,0002 mg/L (0,2 µg/L). Χημικές αναλύσεις των νερών άρδευσης για τον εντοπισμό βαρέων μετάλλων γίνονται μόνο, όταν υπάρχουν υποψίες ότι τα νερά αυτά περιέχουν βαρέα μέταλλα προερχόμενα από τοξικά απόβλητα των βιομηχανιών.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα νερά είναι αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων του βιολογικού καθαρισμού των αστικών λυμάτων για γεωργικούς σκοπούς έχει ευρεία εφαρμογή σε πολλές χώρες του κόσμου. Η χρήση των νερών που προέρχονται από βιολογικό καθαρισμό των αστικών λυμάτων για άρδευση των καλλιεργειών, θα πρέπει να συνοδεύεται με έλεγχο του επιπέδου των βαρέων μετάλλων. Η χρήση λοιπόν αυτών των νερών για άρδευση που περιέχουν βαρέα μέταλλα σε μεγάλες συγκεντρώσεις, θα προκαλέσει συσσώρευση βαρέων μετάλλων στο έδαφος, γιατί το έδαφος προσροφά τα βαρέα μέταλλα και τα συγκρατεί, με αποτέλεσμα τα εδάφη αυτά να ρυπαίνονται και να καθίστανται άγονα. Στις περιπτώσεις που η γονιμότητα του εδάφους δεν υποβαθμίζεται, τα παραγόμενα προϊόντα είναι ακατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο ή τα ζώα.

Πρόσφατα πειράματα έδειξαν ότι περισσότερο από το 85% των βαρέων μετάλλων που προστίθενται στο έδαφος, συσσωρεύονται σ' αυτό

και μάλιστα σε λίγα εκατοστόμετρα βάθος από την επιφάνεια του εδάφους.

Είναι γνωστό ότι τα φυτά προσλαμβάνουν τα βαρέα μέταλλα σε ποσότητες βέβαια πολύ μικρές. Επομένως, η καλλιέργεια των εδαφών αυτών με φυτά, με σκοπό τη μείωση των ποσοτήτων των βαρέων μετάλλων στο έδαφος, δε θα δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα, προκειμένου να αποφεύγεται η συσσώρευση βαρέων μετάλλων στο έδαφος. Στον πίνακα 16 παρουσιάζονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα νερά άρδευσης που είναι αποδεκτές, προκειμένου να αποφευχθούν συσσωρεύσεις βαρέων μετάλλων στο έδαφος από τη χρήση νερών άρδευσης με μεγάλες συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα (National Academy of Sciences and National Academy of Engineering, USA, 972). Η προτεινόμενη μέγιστη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων του πίνακα 20 βασίστηκε σε αρδευτικές πρακτικές, κατά τις οποίες μια καλή άρδευση απαιτεί ποσότητες νερού  $1000 \text{ m}^3$  το στρέμμα το χρόνο. Αν η ποσότητα του νερού άρδευσης υπερβεί τη ποσότητα των  $1000 \text{ m}^3$ , τότε η μέγιστη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στα νερά άρδευσης θα πρέπει να προσαρμοστεί υπολογιστικά.

Στοιχεία	Προτεινόμενη μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)	Παρατηρήσεις
Αργίλιο, Al	5.0	Μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγωγής σε όξινα εδάφη (pH<5,5). Στα αλκαλικά εδάφη σε pH>7 τα ιόντα του Al καθιζάνουν και δεν παρατηρούνται τοξικότητες.
Αρσενικό As	0.1	Οι τοξικότητες στα φυτά ποικίλλουν. Συγκέντρωση As 12mg/l είναι τοξική για το σόργο ενώ η συγκέντρωση As 0.5 mg/l είναι τοξική για το ρύζι.
Βηρύλλιο Be	0.1	Οι τοξικότητες από το Be στα φυτά ποικίλλουν. Η συγκέντρωση των 5 mg/l είναι τοξική για την κράμβη την ουλόφυλλο, ενώ η συγκέντρωση των 0,5 mg/l είναι τοξική για τα κοντά φασόλια.
Κάδμιο Cd	0.01	Το Cd είναι τοξικό στα παντζάρια, στα ζαχαρότευτλα, κοκκινογούλια, φασόλια σε συγκεντρώσεις 0,1 mg/l στο θρεπτικό διάλυμα. Συσσωρεύεται στα φυτά και στα εδάφους σε συγκεντρώσεις επικίνδυνες για τον άνθρωπο.
Κοβάλτιο Co	0.05	Το Co σε συγκεντρώσεις στο θρεπτικό διάλυμα 0,1 mg/l προκαλεί τοξικά συμπτώματα στην τομάτα. Σε ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη καθίσταται αδρανές.
Χρώμιο Cr	0.10	Δεν θεωρείται απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά. Δεν υπάρχουν πολλές επιστημονικές πληροφορίες αναφορικά με τα τοξικά συμπτώματα του χρωμίου στα φυτά.
Χαλκός Cu	0.2	Τοξικό στοιχείο σε πολλά φυτά και σε συγκεντρώσεις 0,1-1,0 mg/l στο θρεπτικό διάλυμα.
Σίδηρος Fe	5.0	Ο Fe δεν είναι τοξικό στοιχείο στα φυτά, για εδάφη καλά αεριζόμενα, μπορεί όμως να συμβάλλει στην οξύτητα των εδαφών με αποτέλεσμα την μείωση της διαθεσιμότητας των στοιχείων P και Mo.
Λίθιο Li	2.5	Πολλά φυτά είναι ανθεκτικά στην τοξική δράση του Li και σε συγκεντρώσεις μέχρι 5 mg/l. Το Li κινείται στο έδαφος ελεύθερα. Είναι τοξικό στοιχείο στα εσπεριδοειδή ακόμα και σε συγκεντρώσεις (<0,075 mg/l). Η δράση του Li είναι παρόμοια του B.

Μαγγάνιο Mn	0.20	Είναι τοξικό στοιχείο σε πολλά φυτά ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις. Απαντάται σε μεγάλες συγκεντρώσεις μόνο στα όξινα εδάφη.
Μολυβδένιο Mo	0.01	Δεν είναι τοξικό στοιχείο στα φυτά σε κανονικές συγκεντρώσεις στο έδαφος και στο νερό. Είναι τοξικό στα ζώα που τρέφονται με ζωοτροφές προερχόμενες από εδάφη που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις Mo.
Νικέλιο Ni	0.20	Είναι τοξικό στοιχείο σε πολλά φυτά σε συγκεντρώσεις 0,5-1,0 mg/l. Η τοξικότητά του Ni μειώνεται σε ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη.
Μόλυβδος Pb	5.0	Σε μεγάλες συγκεντρώσεις ο μόλυβδος παρεμποδίζει την ανάπτυξη των φυτικών κυττάρων.
Σελήνιο Se	0.02	Το Se προκαλεί τοξικά συμπτώματα στα φυτά ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις 0,025 mg/l. Επίσης είναι τοξικό στα ζώα που τρέφονται με ζωοτροφές προερχόμενες από εδάφη που περιέχουν υψηλά επίπεδα σεληνίου.
Κασσίτερος Sn, Τιτάνιο Ti, Βολφράμιο W	-	Κασσίτερος, Sn, Τιτάνιο Ti, Βολφράμιο W. Τα στοιχεία αυτά δεν είναι απαραίτητα στα φυτά. Είναι άγνωστη η αντοχή των φυτών στα στοιχεία αυτά.
Βανάδιο V	0.10	Το V είναι τοξικό στοιχείο σε πολλά φυτά ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις.
Ψευδάργυρος Zn	2.0	Ο Zn προκαλεί τοξικά συμπτώματα στα φυτά σε μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων. Η τοξικότητα του Zn στα φυτά μειώνεται σημαντικά σε εδάφη με pH>6,0, καθώς στα ελαφρά και οργανικά εδάφη.

**Πίνακας 20: Προτεινόμενες μέγιστες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα νερά άρδευσης.  
(National Academy of Sciences and National Academy of Engineering, USA, 1971)**

## **2.3. Ορθολογική αξιοποίηση και χρήση των νερών άρδευσης**

### **Έλεγχος των διαλυτών αλάτων του εδάφους**

Σε περιοχές όπου παρατηρούνται μεγάλες βροχοπτώσεις σε διάφορες εποχές του έτους, το νερό μετακινείται διαμέσου των εδαφικών πόρων στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής. Με τη μετακίνηση του νερού μετακινούνται και τα διαλυτά άλατα του εδάφους, με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης των διαλυτών αλάτων στα επιφανειακά στρώματα. Στις περιοχές όμως που δεν παρατηρούνται μεγάλες βροχοπτώσεις και ιδιαίτερα, στις θερμές και ξηρές περιοχές στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες διαλυτών αλάτων από τη χρήση των νερών για το πότισμα των καλλιεργειών. Σε άλλη παράγραφο έγινε εκτενής αναφορά για την ποιότητα των νερών για το πότισμα των καλλιεργειών, όπου τονίστηκε με έμφαση η επίδραση της ποιότητας του νερού, τόσο στη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο έδαφος, όσο και στις δυσμενείς επιδράσεις στα φυτά.

Αν υποθέσουμε ότι, το νερό που χρησιμοποιείται για πότισμα περιέχει 600 mg/L διαλυτά άλατα και ότι περίπου 50 cm νερό χρησιμοποιείται για το πότισμα των καλλιεργειών, (πολλά φυτά απαιτούν την ποσότητα αυτή του νερού για άρδευση), το νερό άρδευσης στην περίπτωση αυτή θα προσθέσει στο έδαφος 3t/ha (300 kg/στρέμμα) διαλυτά άλατα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Επομένως, στις θερμές και ξηρές περιοχές όπου χρησιμοποιούνται για το πότισμα των καλλιεργειών αλατούχα νερά, πρέπει κατά περίπτωση να προσθέτονται στο έδαφος μεγάλες ποσότητες νερού, προκειμένου να εξασφαλίζεται η έκπλυση των αλάτων από το ριζόστρωμα των φυτών.

Τα φυτά που είναι ευαίσθητα στα διαλυτά άλατα του εδάφους παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή μέχρι  $EC = 4 dSm^{-1}$ . Τα μετρίως ανθεκτικά φυτά στα διαλυτά άλατα παρουσιάζουν αντοχή μέχρι  $8 dSm^{-1}$  και τα πολύ ανθεκτικά φυτά στα διαλυτά άλατα του εδάφους παρουσιάζουν αντοχή μέχρι  $EC = 1 dSm^{-1}$ . Αν η απόδοση των καλλιεργειών δεν επηρεάζεται αρνητικά από τα διαλυτά άλατα, τότε η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του εδαφικού διαλύματος πρέπει να διατηρείται χαμηλότερη από τα παραπάνω όρια ευαισθησίας των καλλιεργούμενων φυτών στα διαλυτά άλατα. Καθώς τα φυτά απορροφούν νερό από το έδαφος για τις ανάγκες τους, το εδαφικό διάλυμα γίνεται πιο πυκνό στη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων. Είναι γνωστό ότι, όσο περισσότερο αλατούχα είναι τα νερά άρδευσης τόσο μικρότερη ποσότητα νερού μπορούν τα φυτά να απομακρύνουν από το έδαφος, πριν από την επόμενη άρδευση. Για τους λόγους αυτούς καθίσταται απαραίτητο να προστεθούν στο έδαφος μεγάλες ποσότητες νερού, προκειμένου να εκπλυθούν και να απομακρυνθούν από το ριζόστρωμα των φυτών τα διαλυτά άλατα του εδάφους.

Η ποσότητα του νερού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την έκπλυση των διαλυτών αλάτων που βρίσκονται στη ζώνη του ριζοστρώματος, υπολογίζεται με τη βοήθεια του συντελεστή έκπλυσης (Rhoades, 1974) ή όπως διεθνώς καλείται Leaching Requirement (L.R.). Για τον υπολογισμό του συντελεστή έκπλυσης (L.R.) είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την αλατότητα των νερών άρδευσης (E.Cw) και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού (E.Ce), που αντιστοιχεί σε μια καλλιέργεια και το επιθυμητό επίπεδο απόδοσης της. Η αλατότητα των νερών άρδευσης (E.Cw) προσδιορίζεται στο εργαστήριο, η δε ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού (E.Ce) έχει υπολογιστεί για κάθε καλλιέργεια και για το επιθυμητό επίπεδο απόδοσης της όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 21.

Καλλιεργούμενα φυτά		100% απόδοση		90% απόδοση		75% απόδοση		50% απόδοση		0% της μεγίστης απόδοσης	
Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw
<b>1. Φυτά μεγάλης καλλιέργειας</b>											
Hordeum vulgare	Κριθάρι	8,0	5,3	10,0	6,7	13	8,7	18	12	28	19
Gossypium hirsutum	Βαμβάκι	7,7	5,1	9,6	6,4	13	8,4	17	12	27	18
Beta vulgaris	Ζαχαρότευτλα	7,0	4,7	8,7	5,8	11	7,5	15	10	24	16
Sorghum bicolor	Σόργο	6,8	4,5	7,4	5,0	8,4	5,6	9,9	6,7	13	8,7
Triticum aestivum	Σιτάρι	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,3	13	8,7	20	13
Triticum turgidum	Σιτάρι σκληρό	5,7	3,8	7,6	5,0	10	6,9	15	10	24	16
Glycine max	Σόγια	5,0	3,3	5,5	3,7	6,3	4,2	7,5	5,0	10	6,7
Arachis hypogaea	Αράπικο φιστίκι	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7	4,9	3,3	6,6	4,4
Oryza sativa	Ρύζι	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11	7,6
Saccharum officinarum	Ζαχαροκάλαμο	1,7	1,1	3,4	2,3	5,9	4,0	10	6,8	19	12
Zea mays	Καλαμπόκι	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Linum usitatissimum	Λινάρι	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Vicia faba	Κουκιά	1,5	1,1	2,6	1,8	4,2	2,0	6,8	4,5	12	8,0
Phaseolus vulgaris	Φασόλια	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2

Καλλιεργούμενα φυτά		100% απόδοση		90% απόδοση		75% απόδοση		50% απόδοση		0% της μεγίστης απόδοσης	
Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw
<b>2. Κηπευτικά φυτά</b>											
Cucurbita pepo melopepo	Κολοκυθάκια φρέσκα	4,7	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10	6,7	15	10
Beta vulgaris	Κοκκινογούλια	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15	10
Brassica oleracea botrytis	Μπρόκολο	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	14	9,1
Lycopersicon esculentum	Τομάτα	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13	8,4
Spinacia oleracea	Σπανάκι	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15	10
Apium graveolens	Σέλνο	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	8,9	6,6	18	12
Brassica oleracea capitata	Μάππα	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12	8,1
Solanum tuberosum	Πατάτες	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Zea mays	Γλυκό καλαμπόκι	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Ipomoea batatas	Γλυκοπατάτα	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	11	7,1
Capsicum annuum	Πιπεριά	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Lactuca sativa	Μαρούλι	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9,0	6,0
Raphanus sativus	Ραπανάκι	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	2,1	5,0	3,4	8,9	5,9
Allium cepa	Κρεμμύδι	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5,0
Daucus carota	Καρότο	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,0	8,1	5,4
Phaseolus vulgaris	Φασόλια	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
Brassica rapa	Γογγύλι	0,9	0,6	2,0	1,3	3,7	2,5	6,5	4,3	12	8,0

Καλλιεργούμενα φυτά		100% απόδοση		90% απόδοση		75% απόδοση		50% απόδοση		0% της μεγίστης απόδοσης	
Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw
<b>4. Οπωροφόρα δένδρα</b>											
Phoenix dactylifera	Χουρμαδιά	4,0	2,7	6,8	4,5	11	7,3	18	12	32	21
Citrus paradisi	Γκρέιπ φρούτ	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8,0	5,4
Citrus sinensis	Πορτοκαλιά	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Prunus persica	Ροδακινιά	1,7	1,1	2,2	1,5	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5	4,3
Prunus armeniaca	Βερικοκιά	1,6	1,1	2,0	1,3	2,6	1,8	3,7	2,5	5,8	3,8
Vitis spp	Αμπέλι	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12	7,9
Prunus domestica	Δαμασκηνιά	1,5	1,0	2,1	1,4	2,9	1,9	4,3	2,9	7,1	4,7



Καλλιεργούμενα φυτά		100% απόδοση		90% απόδοση		75% απόδοση		50% απόδοση		0% της μέγιστης απόδοσης	
Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw
<b>3. Φυτά για χλοοτάπητες και σανοδοτικά φυτά</b>											
Agropyron elongatum	Αγρόπυρο	7,5	5,0	9,9	6,6	13	9,0	19	13	31	21
Agropyron cristatum	Αγρόπυρο	7,5	5,0	9,0	6,0	11	7,4	15	9,8	22	15
Cynodon dactylon	Βερμούδα	6,9	4,6	8,5	5,6	11	7,2	15	9,8	23	15
Hordeum vulgare	Κριθάρι	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,4	13	8,7	20	13
Lolium perenne	Λόλιο το πολυετές-Ηρα πολυετής-γκαζόν	5,6	3,7	6,9	4,6	8,9	5,9	12	8,1	19	13
Phalaris tuberosa	Φάλαρη	4,6	3,1	5,9	3,9	7,9	5,3	11	7,4	18	12
Festuca elatior	Φεστούκα	3,9	2,6	5,5	3,6	7,8	5,2	12	7,8	20	13
Agropyron sibiricum	Αγρόπυρο	3,5	2,3	6,0	4,0	9,8	6,5	16	11	28	19
Vicia angustifolia	Αγριοκούκι, αγριόχορτο	3,0	2,0	3,9	2,6	5,3	3,5	7,6	5,0	12	8,1
Sorghum sudanense	Σόργο του Σουδάν	2,8	1,9	5,1	3,4	8,6	5,7	14	9,6	26	17
Elymus triticoides	Έλυμος	2,7	1,8	4,4	2,9	6,9	4,6	11	7,4	19	13
Vigna unguiculata	Βίγκνα	2,5	1,7	3,4	2,3	4,8	3,2	7,1	4,8	12	7,8
Lotus uliginosus	Λωτός	2,3	1,5	2,8	1,9	3,6	2,4	4,9	3,3	7,6	5,0
Sesbania exaltata	Σεσμπάνια	2,3	1,5	3,7	2,5	5,9	3,9	9,4	6,3	17	11
Medicago sativa	Μηδική	2,0	1,3	3,4	2,2	5,4	3,6	8,8	5,9	16	10
Zea mays	Καλαμπόκι	1,8	1,2	3,2	2,1	5,2	3,5	8,6	5,7	15	10
Trifolium alexandrinum	Αλεξανδρινό τριφύλλι	1,5	1,0	3,2	2,2	5,9	3,9	10	6,8	19	13
Dactylis glomerata	Δακτυλίδα	1,5	1,0	3,1	2,1	5,5	3,7	9,6	6,4	18	12
Alopecurus pratensis	Ασβέλιαφος, αλεπονουρά	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12	7,9
Trifolium pratense	Τριφύλλι το λειμάνιο	1,5	1,0	2,3	1,6	3,6	2,4	5,7	3,8	9,8	6,6
Trifolium hybridum	Αγριοτρίφυλλο	1,5	1,0	2,3	1,6	3,6	2,4	5,7	3,8	9,8	6,6
Trifolium repens	Ασπροτρίφυλλο	1,5	1,0	2,3	1,6	3,6	2,4	5,7	3,8	9,8	6,6
Trifolium fragiferum	Τριφύλλι το χαμοκέρασο	1,5	1,0	2,3	1,6	3,6	2,4	5,7	3,8	9,8	6,6

**Πίνακας 21: Αντοχή των φυτών και αποδόσεις αυτών σε σχέση με την αλατότητα των νερών άρδευσης (ECw) και την αλατότητα του εδάφους (ECe). (Μαλεφάκης Γ. «Ποιότητα νερού εδαφοκαλλιεργειών εδαφοπονίας – εδαφοβελτίωσης»)**

Ο συντελεστής έκπλυσης υπολογίζεται ως εξής:

$$L.R. = \frac{Clw}{5C_{le} - Clw}$$

όπου:

- L.R. = είναι η ελάχιστη ποσότητα νερού που εκφράζεται σαν κλάσμα της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, που πρέπει να διηθηθεί βαθιά μέσα από τη ζώνη του ριζοστρώματος, για να διατηρήσει την αλατότητα του εδάφους σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο.

- E.Cw = είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα των νερών άρδευσης σε mmhos.cm<sup>-1</sup> (dSm<sup>-1</sup>).

- E.Ce = είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos.cm<sup>-1</sup> του εκχυλίσματος κορεσμού, που αντιστοιχεί σε μια καλλιέργεια για το επιθυμητό επίπεδο απόδοσης της, (πίνακας 21). Συνιστάται για χρήση η τιμή (E.Ce που αναμένεται να προκύψει από αποδόσεις των καλλιεργειών τουλάχιστον 90% της μέγιστης απόδοσης ή και το 100% της απόδοσης. Όταν χρησιμοποιούνται νερά με υψηλή ή μέση συγκέντρωση αλάτων (> 1,5 dSm<sup>-1</sup>) είναι καλύτερα να χρησιμοποιείται η τιμή της (E.Ce), που αναμένεται στη μέγιστη απόδοση (100%) των καλλιεργειών, γιατί ο έλεγχος της αλατότητας είναι καθοριστικός και κρίσιμος, στην περίπτωση αυτή των νερών άρδευσης για να ληφθούν καλές αποδόσεις.

Η εξίσωση για τον υπολογισμό του συντελεστή έκπλυσης έχει εφαρμογή όταν η έκπλυση είναι 100% αποτελεσματική. Αυτό είναι πολύ δύσκολο να συμβεί. Στην πράξη όμως η αποτελεσματικότητα της έκπλυσης κυμαίνεται από 100% μέχρι 30% και εξαρτάται βέβαια από τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Η αποτελεσματικότητα εκφράζεται με το συντελεστή αποτελεσματικότητας έκπλυσης (EI), που είναι περίπου ίσος με 1 στα αμμώδη εδάφη και 0,3 στα συνεκτικά αργιλώδη εδάφη. Αν λάβουμε υπόψη μας το συντελεστή αποτελεσματικότητας, τότε η παραπάνω εξίσωση γράφεται όπως παρακάτω:

$$\mathbf{L.R.} = \frac{1}{EI} \times \frac{E.Cw}{5E.Ce - E.Cw}$$

Βέβαια, οι παραπάνω εξισώσεις για τον υπολογισμό του νερού που χρειάζεται για την έκπλυση των αλάτων του εδάφους δε λαμβάνουν υπόψη τους και τις ιδιαιτερότητες των αλάτων, που πολλές φορές απαιτούν ειδικές μεταχειρίσεις. Ανεξάρτητα όμως από τις ποσότητες του

νερού που θα απαιτηθούν για την έκπλυση των αλάτων, το νερό θα πρέπει να απομακρυνθεί από το έδαφος με στράγγιση.

Ας υποθέσουμε ότι σε ένα χωράφι με έδαφος μέσης σύστασης πρόκειται να καλλιεργηθεί βαμβάκι και ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού είναι  $0,9 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ . Σύμφωνα με τον πίνακα 21 το βαμβάκι είναι ένα από τα πλέον ανθεκτικά φυτά στα άλατα και φθάνει την απόδοση του 100% ακόμα και αν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού (E.Ce) είναι  $7,7 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ . Σε συνθήκες μέσης σύστασης εδάφους, ο συντελεστής EI υπολογίζεται να διαμορφωθεί στο 0,7. Έτσι, για το συγκεκριμένο χωράφι και για καλλιέργεια βαμβακιού, ο συντελεστής έκπλυσης είναι:

$$\mathbf{L.R = 1/0,7 \times 0,9/5 \times 7,7-0,9 = 0,0342}$$

Δηλαδή, ποσοστό ίσο με το 3,42% της εποχιακής εξατμισοδιαπνοής πρέπει να διατεθεί για την έκπλυση των αλάτων του χωραφιού, που συσσωρεύονται με το νερό άρδευσης. Αν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την άρδευση των εσπεριδοειδών είναι  $2 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ , περίπτωση πολύ συνηθισμένη για νερά που αντλούνται από πηγάδια σε παράκτιες περιοχές, για τα εσπεριδοειδή η E.Ce για 100% απόδοση είναι  $E.Ce = 1,7 \text{ mmho.cm}^{-1}$ , τότε:

$$\mathbf{L.R. = 1/0,7 \times 2/5 \times 1,7-2 = 0,454}$$

Δηλαδή για έκπλυση πρέπει να διατίθεται νερό περίπου ίσο με 45,4% της εξατμισοδιαπνοής.

Ο υπολογισμός του απαιτούμενου νερού για έκπλυση των διαλυτών αλάτων προϋποθέτει ότι το νερό δε διαλύει τα ορυκτά του εδάφους και ότι δε λαμβάνουν χώρα χημικές αντιδράσεις, όπως ο σχηματισμός

ιζήματος ανθρακικού ασβεστίου από τα διαλυτά άλατα του εδάφους. Η προϋπόθεση αυτή δεν ισχύει ή είναι ελάχιστης σημασίας όταν στα διαλυτά άλατα κυριαρχούν τα θειϊκά και τα χλωριούχα. Είναι όμως μέγιστης σημασίας η προϋπόθεση αυτή, όταν στο εδαφικό διάλυμα κυριαρχούν τα άλατα του ανθρακικού νατρίου.

Δεν είναι απαραίτητο ύστερα από κάθε άρδευση να εκπλύνονται τα διαλυτά άλατα που συσσωρεύονται στο έδαφος από τα νερά άρδευσης. Ο όρος συντελεστής έκπλυσης (L.R.) αναφέρεται στο ποσοστό του νερού, που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για έκπλυση κατά τη διάρκεια μιας περιόδου. Οι περίοδοι μεταξύ των εκπλύσεων πρέπει να είναι μικρής διάρκειας, που σημαίνει μεγαλύτερες απαιτήσεις νερού για την έκπλυση των διαλυτών αλάτων του χωραφιού. Κανονικά η έκπλυση γίνεται πριν τη σπορά. Η έκπλυση μετά τη σπορά περιπλέκει το πρόβλημα, εξαιτίας του χρόνου και των περιορισμών που θέτουν τα φυτά.

Συνήθως τα φυτά είναι ευαίσθητα στα διαλυτά άλατα κατά την περίοδο του φυτρώματος των σπόρων. Έχει μεγάλη σημασία η διαφύλαξη μικρής συγκέντρωσης διαλυτών αλάτων στην κλίση των σπόρων. Αυτό βέβαια επιτυγχάνεται εύκολα όταν το νερό της άρδευσης έχει διαλυτά άλατα σε μικρή συγκέντρωση. Το πρόβλημα γίνεται αρκετά πολύπλοκο όταν το νερό άρδευσης περιέχει διαλυτά άλατα σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Στην περίπτωση αυτή, όταν κατά το χρόνο της σποράς το επιφανειακό στρώμα του εδάφους είναι ακάλυπτο και παρατηρείται έντονη εξάτμιση του νερού του εδάφους, τότε στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους αυξάνεται ακόμα περισσότερο η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων.

Στον πίνακα 22 παρουσιάζεται η σχετική αντοχή των διάφορων φυτών στα άλατα στο στάδιο του φυτρώματος των σπόρων.

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>	<b>Αποτυχία 50% στο φύτρωμα των σπόρων</b>
Hordeum vulgare	Κριθάρι	6-24
Gossypium hirsutum	Βαμβάκι	15,5
Beta vulgaris	Ζαχαρότευτλα	6-12,5
Sorghum bicolor	Σόργο	13
Carthamus tinctorius	Ατρακτυλίδα	12,3
Triticum aestivum	Σιτάρι μαλακό	14-16
Beta vulgaris	Κοκκινογούλια	13,8
Medicago sativa	Μηδική	8,2-13,4
Lycopersicum lycopersicum	Τομάτα	7,6
Oryza sativa	Ρύζι	18
Cicumis melo	Πεπόνι	10,4
Zea mays	Καλαμπόκι	21-24
Lactuca sativa	Μαρούλι	11,40
Allium sepa	Κρεμμύδι	5,6-7,5
Phaseolus vulgaris	Φασόλια	8,0
Brassica oleracea var capitata	μάπα	13

**Πίνακας 22: Σχετική αντοχή στα άλατα των διάφορων καλλιεργούμενων φυτών στο στάδιο του φυτρώματος των σπόρων, Mass, 1984.**  
(Μήτσιος Ιωάν. PhD «Αλατούχα και αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη – ποιοτική κατάταξη νερών άρδευσης»)

Σε δυναμικές καλλιέργειες προκειμένου να εμποδιστεί η εξάτμιση του νερού από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους, το χωράφι καλύπτεται με φύλλα πολυαιθυλενίου. Το πρόβλημα των δυσμενών επιδράσεων των διαλυτών αλάτων στα νεαρά φυτά στο στάδιο του φυτρώματος μπορεί να μειωθεί αν καταβληθούν προσπάθειες έτσι, ώστε τα διαλυτά άλατα να συγκεντρώνονται σε καθορισμένες λωρίδες, οι δε σπόροι κατά τη σπορά να τοποθετούνται μακριά από τις λωρίδες αυτές,

ώστε τα ριζίδια των νεαρών φυτών να αναπτύσσονται σε εδαφικό διάλυμα με μικρή συγκέντρωση διαλυτών αλάτων.

Είναι απαραίτητο να γίνει διάκριση μεταξύ της αλατότητας και των τοξικών συμπτωμάτων που προκαλούν στα φυτά τα στοιχεία χλώριο, νάτριο και βάριο. Είναι αποδεκτό ότι η τοξικότητα των στοιχείων αυτών οφείλεται στη μεγάλη συσσώρευση των διαλυτών αλάτων στο ριζόστρωμα των φυτών.

Αναφερθήκαμε με πολλές λεπτομέρειες στο ότι η έκπλυση αποτελεί μια πρακτική λύση για την απομάκρυνση των διαλυτών αλάτων από το ριζόστρωμα των φυτών. Όπως είναι φυσικό και για τις περιπτώσεις που παρατηρούνται τοξικά συμπτώματα στα φυτά από την παρουσία των παραπάνω στοιχείων, η έκπλυση αποτελεί και πάλι μια αξιόλογη τεχνική.

Η απομάκρυνση των αλάτων με έκπλυση εφαρμόζεται όχι μόνο για να παρεμποδίσει τη συσσώρευση των διαλυτών αλάτων στο έδαφος, αλλά και να εξαλειφθούν μ' αυτόν τον τρόπο τα τοξικά συμπτώματα από τα φυτά εξαιτίας των διαλυτών αλάτων. Αν τα τοξικά στοιχεία προέρχονται από τα νερά της άρδευσης, τότε θα πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση στην έκπλυση γιατί μ' αυτόν τον τρόπο θα μειωθεί η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων. Είναι γνωστό ότι, το χλώριο στο έδαφος μετακινείται εύκολα στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους με τα νερά της άρδευσης. Επειδή το χλώριο μπορεί να απομακρυνθεί εύκολα με έκπλυση, ο συντελεστής έκπλυσης για τα άλατα (Rhoades, 1974) μπορεί να εφαρμοστεί με μεγάλη ακρίβεια για την απομάκρυνση του χλωρίου όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$\mathbf{L.R. (Cl)} = \frac{Cl_w}{5Cl_e - Cl_w}$$

όπου:

- L.R. (Cl) = αντιπροσωπεύει την ελάχιστη ποσότητα νερού, που απαιτείται για τον έλεγχο του χλωρίου με κανονικές επιφανειακές μεθόδους άρδευσης.
- Cl<sub>w</sub> = είναι η συγκέντρωση του χλωρίου στο νερό άρδευσης σε meq/L.
- Cl<sub>e</sub> = είναι η συγκέντρωση του χλωρίου στο εκχύλισμα κορεσμού που αντιστοιχεί σε μια καλλιέργεια για το επιθυμητό επίπεδο απόδοσης της (πίνακας 17). Η συγκέντρωση Cl<sub>e</sub> εκφράζεται σε meq/L.

Σε αντίθεση με το χλώριο, το στοιχείο νάτριο δεσμεύεται από το έδαφος στις επιφάνειες των κολλοειδών του εδάφους. Το νάτριο προκαλεί σοβαρά τοξικά συμπτώματα κυρίως στα πυρηνόκαρπα, εσπεριδοειδή κλπ., ακόμα και αν το SAR των νερών άρδευσης είναι μικρό. Η προσθήκη στο έδαφος νερών που περιέχουν νάτριο για την άρδευση των φυτών, εκτός του γεγονότος ότι προκαλούν τοξικά συμπτώματα στα φυτά, προκαλούν παράλληλα μείωση της περατότητας του εδάφους, με αποτέλεσμα μείωση του αερισμού του εδάφους. Με την υποβάθμιση της δομής και τη βελτίωση των αλκαλιωμένων (με νάτριο) εδαφών θα ασχοληθούμε στο κεφάλαιο 3.

Το βόριο μετακινείται πάρα πολύ αργά διαμέσου των εδαφικών πόρων, αν συγκριθεί με το χλώριο και το νάτριο. Για το λόγο αυτό απαιτείται τριπλάσια ποσότητα νερού για την έκπλυση του βορίου του εδάφους και τη μείωση της συγκέντρωσης του κατά ένα χημικό ισοδύναμο σε σχέση με την ποσότητα του νερού που απαιτείται για τη μείωση της συγκέντρωσης του χλωρίου ή της αλατότητας του εδάφους κατά ένα χημικό ισοδύναμο.

Από παρατηρήσεις που έγιναν στο χωράφι, η συγκέντρωση του βορίου στο εκχύλισμα κορεσμού του εδάφους στο επάνω τμήμα του ριζοστρώματος των φυτών, συνήθως προσεγγίζει τη συγκέντρωση του βορίου των νερών άρδευσης. Αυτό σημαίνει ότι με μια καλή διαχείριση

των νερών άρδευσης είναι δυνατόν να μειώσουμε τη συγκέντρωση του βορίου στο έδαφος του πάνω τμήματος του ριζοστρώματος ή, η συγκέντρωση του βορίου στην περιοχή αυτή του ριζοστρώματος των φυτών να έχει τιμή που να πλησιάζει την τιμή της συγκέντρωσης του βορίου στα νερά άρδευσης.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ**

#### **3.1. Αντιμετώπιση της αλατότητας**

Το πρώτο που πρέπει να εξασφαλιστεί για την αντιμετώπιση του αλατικού προβλήματος, είναι η βελτίωση της διαθεσιμότητας του εδαφικού νερού στην καλλιέργεια.

Η διαθεσιμότητα αυτή εξασφαλίζεται με τις παρακάτω πρακτικές.

##### **3.1.1. Συχνότερες αρδεύσεις**

Αρδεύοντας συχνά, διατηρούμε την εδαφική υγρασία σε υψηλά επίπεδα και έτσι μειώνεται η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό. Αυτό σημαίνει μικρότερη οσμωτική πίεση και συνεπώς περισσότερο νερό για καλλιέργεια. Επίσης, οι συχνές αρδεύσεις εκπλύνουν το επάνω τμήμα του ριζοστρώματος και μειώνουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφικού νερού.

Σε παραπάνω σχήμα φαίνεται η μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αμέσως μετά την άρδευση και η αύξησή της στα μεσοδιαστήματα που έχουμε πτώση του υγρασιακού επιπέδου του εδάφους. Επίσης, φαίνεται ότι το επάνω τμήμα της ριζικής ζώνης (40 εκ.) έχει λιγότερα αλάτια από το κατώτερο τμήμα της (80 εκ.).

Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, αν έχουμε δίκτυο που λειτουργεί με ελεύθερη ζήτηση δεν θα υπάρξει δυσκολία εφαρμογής συχνών αρδεύσεων. Αν, όμως, η άρδευση ρυθμίζεται με πρόγραμμα, τότε θα πρέπει να κοιτάξουμε για άλλες πρακτικές. Επίσης, με τις συχνές αρδεύσεις θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η τεχνική εφαρμογής του νερού, ώστε η άρδευση να έχει το μεγαλύτερο δυνατό βαθμό εφαρμογής, πράγμα που σημαίνει μεγάλη αποδοτικότητα και μικρή σπατάλη νερού.

### **3.1.2. Εκλογή ανθεκτικής καλλιέργειας**

Η επιλογή της κατάλληλης καλλιέργειας που θα αντιμετωπίσει το υπαρκτό ή ενδεχόμενο πρόβλημα αλατότητας, είναι βασικό πλεονέκτημα του παραγωγού και αποτελεί ένα από τα δραστικότερα μέτρα αντιμετώπισης του αλατικού προβλήματος.

Η αντοχή των καλλιεργειών παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1<sup>1</sup> σαν να ήταν μια σταθερή τιμή. Αυτό, βέβαια, δεν είναι απόλυτα αληθινό. Η αντοχή των καλλιεργειών αλλάζει με τη διαχείριση του νερού, το στάδιο ανάπτυξης, το ριζόστρωμα, τις ποικιλίες και το κλίμα.

Για πολλές καλλιέργειες (τεύτλα, ρύζι, σιτάρι, κριθάρι και αρκετά λαχανικά) το στάδιο φυτρώματος των σπόρων είναι το πιο ευαίσθητο και εδαφική αλατότητα  $EC_e > 4 \text{ mmhos/cm}$  στο στάδιο αυτό, ίσως καθυστερήσει ή αναχαιτίσει τη βλάστηση και την πρόιμη ανάπτυξη.

Το κλίμα παίζει σπουδαίο ρόλο στην αντοχή των καλλιεργειών. Γενικά, καλλιέργειες αναπτυσσόμενες σε δροσερά κλίματα ή κατά τη διάρκεια δροσερότερης εποχής του χρόνου είναι πιο ανθεκτικές στα αλάτια από εκείνες που αναπτύχθηκαν σε θερμότερες περιόδους και περιόδους χαμηλής υγρασίας ή υψηλής εξατμισοδιαπνοής.

---

Τα λιπάσματα γενικά δεν πιστεύεται να αυξάνουν την αντοχή των καλλιεργειών στην αλατότητα. Παρόλα αυτά, ίσως αυξηθούν οι αποδόσεις αν η λίπανση είναι περιοριστικός παράγοντας.

### **3.1.3. Χρήση επιπλέον νερού για την ικανοποίηση απαιτήσεων έκπλυσης**

Η σκοπιμότητα της έκπλυσης είναι προφανής και η σημασία της γίνεται εντονότερη όταν χρησιμοποιούμε αρδευτικά νερά κακής ποιότητας.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη του στόχου της έκπλυσης είναι η ύπαρξη καλής στράγγισης του εδάφους για την απομάκρυνση των αλάτων από τη ριζική ζώνη προς τα βαθύτερα στρώματα.

Ο ρόλος των βροχοπτώσεων είναι βέβαια σημαντικός για την έκπλυση των αλάτων, αλλά σε περίπτωση χρήσης αρδευτικών νερών με αυξημένο βαθμό αλατότητας, θα πρέπει να εφαρμόζουμε μια ποσότητα νερού επιπλέον της αρδευτικής δόσης σε κάθε άρδευση ή σε κάθε 2-3 αρδεύσεις, που θα εκπλύνει το έδαφος από τα αλάτια. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι βροχή ύψους 200 χιλιοστών, διηθούμενη σ' ένα ελαφρό έδαφος, μετακινεί περίπου το 50% των επιφανειακών αλάτων σε βάθος 90 εκ. Ενώ το ίδιο ύψος βροχής σ' ένα βαρύ έδαφος μετακινεί το ίδιο ποσοστό αλάτων σε βάθος περίπου 40 εκ. Αν, βέβαια, πριν από τη βροχή το έδαφος είχε ήδη αρκετή υγρασία, τότε η έκπλυση θα είναι ακόμη μεγαλύτερη.

Η απλούστερη και πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος υπολογισμού της ποσότητας νερού που χρειάζεται για την έκπλυση (LR) είναι η U.S.D.A. μέθοδος (1954).

$$LR = \frac{EC_w}{EC_{dw}} \times 100$$

Όπου, LR είναι η ποσότητα νερού που χρειάζεται για την έκπλυση, εκφρασμένη σε ποσοστό της αρδευτικής δόσης,

$EC_w$  είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του αρδευτικού νερού σε mmhos/cm ή μmhos/cm,

$EC_{dw}$  είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφοδιαλύματος σε mmhos/cm ή μmhos/cm.

Μειώνοντας την έκπλυση έχουμε μικρή μόνο επίδραση στην αλατότητα της ανώτερης ριζικής ζώνης, επειδή η περιοχή αυτή εκπλύνεται πλήρως σε κάθε άρδευση. Η αλατότητα όμως της χαμηλότερης ριζικής ζώνης γίνεται μεγαλύτερη, μεταβάλλοντας έτσι τη συγκέντρωση του νερού στράγγισης.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, και τα ποσοστά κατανάλωσης εδαφικού νερού από τα φυτά, σε σχέση με το βάθος της ριζικής ζώνης, οι Bernstein και Francois 1973 – Rhoades et al 1973 – Rhoades 1974 και το Πανεπιστήμιο της California 1974, προτείνουν μείωση της τιμής έκπλυσης που υπολογίζεται με την παλιά μέθοδο U.S.D.A. 1954.

Έτσι, για αραιές αρδεύσεις έχουμε:

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w}$$

ενώ για συχνές αρδεύσεις (σχεδόν καθημερινές) έχουμε:

$$LR = \frac{EC_w}{2 \max EC_e}$$

Τα σύμβολα των τύπων επεξηγούνται σε προηγούμενο πίνακα, τον οποίο άλλωστε θα χρησιμοποιήσουμε για τον υπολογισμό της LR.

Με γνωστή την τιμή της εξατμισοδιαπνοής και της ποσότητας έκπλυσης, βρίσκουμε τις καθαρές απαιτήσεις (V) σε νερό:

$$V = \frac{ET}{1 - LR}$$

### **Παράδειγμα:**

Καλλιέργεια Σόργου, ευρισκόμενη σε ομοιόμορφο έδαφος, αρδεύεται χρησιμοποιώντας νερό ηλεκτρικής αγωγιμότητας  $EC_w = 3,2$  mmhos/cm. Με μια  $ET = 5$  mm/ημέρα και εύρος άρδευσης 20 ημερών (αραιές αρδεύσεις), χρειαζόμαστε 100 mm νερού. Αν ο βαθμός εφαρμογής είναι 0,65, τότε η δόση άρδευσης θα είναι  $100/0,65 = 155$  mm. Το ερώτημα είναι πόσο πρόσθετο νερό πρέπει να εφαρμοσθεί για την έκπλυση, δεχόμενοι μείωση της παραγωγής κατά 10%.

### **Υπολογισμοί:**

- *1<sup>ο</sup> Βήμα:*

$EC_e$  για επιθυμητή μείωση παραγωγής 10%. 5,1 mmhos/cm

$EC_w$  από ανάλυση αρδευτικού νερού 3,2 mmhos/cm

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} = \frac{3,2}{5 * 5,1 - 3,2}$$

- *2<sup>ο</sup> Βήμα:*

Καθορισμός της εφαρμοζόμενης ποσότητας νερού για την ικανοποίηση τόσο της ET (ημερήσια, μηνιαία, εποχιακή κ.λπ.) όσο και της έκπλυσης.

$$\text{Καθαρές ανάγκες σε νερό } V = \frac{ET20}{1-LR} = \frac{100}{1-0,14} = 115 \text{ mm /}$$

άρδευση.

Έτσι, λοιπόν, χρειαζόμαστε 100 χιλιοστά νερού για την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας και 16 χιλιοστά νερού για τις ανάγκες έκπλυσης. Θα πρέπει, όμως, να παρατηρήσουμε εδώ, ότι οι απώλειες βαθιάς διήθησης (55 χιλιοστά) είναι μεγαλύτερες από τις ανάγκες έκπλυσης (16 χιλιοστά). Αν οι απώλειες αυτές είναι ομοιόμορφες και δεν έχουμε απορροή, δεν υπάρχει ανάγκη να προσθέσουμε επιπλέον ποσότητα νερού για έκπλυση πάνω στις αναπόφευκτες απώλειες βαθιάς διήθησης.

Όσον αφορά το χρόνο έκπλυσης, δεν φαίνεται να είναι καθοριστικός, αρκεί να μην ξεπερνιούνται τα όρια ανθεκτικότητας των καλλιεργειών για παρατεταμένο χρόνο ή κριτικές περιόδους. Η έκπλυση μπορεί να γίνεται σε κάθε άρδευση, σε κάθε λίγες αρδεύσεις, μια φορά το χρόνο ή μετά από μεγάλα διαστήματα.

### **Επιλογή μεθόδου άρδευσης**

Αν η χρησιμοποιούμενη μέθοδος άρδευσης δημιουργεί κίνδυνο αλατότητας, τότε θα πρέπει να οδηγηθούμε στην επιλογή μεθόδου που θα ελέγχει τα αλάτια στο έδαφος και θ' αποφεύγει τις δυσμενείς επιπτώσεις στην καλλιέργεια.

## Επιφανειακή άρδευση

Οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης (λεκάνες, λωρίδες, αυλάκια) εφαρμόζουν γενικά υψηλές δόσεις νερού και αν αναγκασθούμε να αρδεύσουμε συχνότερα για την έκπλυση των αλάτων, ίσως σπαταλήσουμε νερό προκαλώντας ταυτόχρονα λίμνασμα νερού, άνοδο υπόγειας στάθμης και τελικά μειωμένη παραγωγή. Αν πάλι αφήνουμε την υγρασία να εξαντληθεί κατά ένα σημαντικό ποσοστό μεταξύ των αρδεύσεων, τότε, καθώς μειώνεται η εδαφική υγρασία, αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων και μειώνεται ακόμη περισσότερο η διαθεσιμότητά της.

Στις περιπτώσεις αυτές, για να πετύχουμε αξιόλογη βελτίωση στη διαχείριση νερού και αλατότητας, ίσως χρειασθεί αλλαγή της μεθόδου άρδευσης σε καταίονιση ή άρδευση με σταγόνες, εφόσον βέβαια το κόστος της αλλαγής δικαιολογείται από την αναμενόμενη βελτίωση της απόδοσης.

Εξασφαλίζοντας, όμως, καλές συνθήκες στράγγισης, μπορούμε να εφαρμόσουμε, όπου οι γενικότερες συνθήκες το επιτρέπουν, άρδευση με λωρίδες ή ακόμη περισσότερο με λεκάνες, χωρίς να έχουμε κανένα από τα προαναφερθέντα προβλήματα, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα σημαντική έκπλυση αλάτων από το έδαφος.

## Καταιονισμός

Αρδεύοντας με καταιονισμό, μπορούμε να εφαρμόσουμε ομοιόμορφα το νερό στο χωράφι, αποφεύγοντας κορεσμούς ή ελλειψείς τροφοδοσίες με όλα τα γνωστά επακόλουθα.

Ο καταιονισμός, μερικές φορές, χρησιμοποιείται για να βοηθήσει το φυτόωμα και τα πρώτα στάδια βλάστησης σε καλλιέργειες ευαίσθητες στην αλατότητα, υψηλή θερμοκρασία και εδαφική κρούστα. Όταν χρησιμοποιείται στο φυτόωμα, εφαρμόζεται μια ή περισσότερες φορές την ημέρα για αρκετές ημέρες και με μικρή διάρκεια χρόνου άρδευσης. Μόνιμα συστήματα καταιονισμού βρήκαν εφαρμογή στα μαρούλια.

Εφαρμόζοντας, πλέον, αποδοτικά το νερό με τη μέθοδο αυτή, μειώνονται οι απώλειες βαθιάς διήθησης και έτσι αποφεύγονται προβλήματα υψηλής υπόγειας στάθμης και αλατότητας.

Όταν αρδεύουμε με νερό κακής ποιότητας κάτω από συνθήκες χαμηλής υγρασίας, τότε ορισμένες ευαίσθητες καλλιέργειες, όπως σταφύλια-ξινά και πολλές άλλες δενδρώδεις, είναι πιθανό να απορροφήσουν σημαντικές και επομένως τοξικές ποσότητες Na και Cl απ' τα φύλλα. Η συγκέντρωση των τοξικών αλάτων στα φύλλα οφείλεται στην εξάτμιση του νερού από τη φυλλώδη επιφάνεια, που συμβαίνει στη διάρκεια των αλλεπάλληλων διαβροχών και ξηράνσεων των φύλλων κατά την περιστροφή των καταιονιστήρων. Αν οι καταιονιστήρες δίνουν χαμηλή ένταση βροχής και οι συγκεντρώσεις του Cl και Na στο νερό είναι μεγαλύτερες από 3 meq/l, είναι δυνατό να έχουμε τοξικά φαινόμενα στην περιφέρεια των φύλλων (necrosis).

Αρδεύοντας σε χρονικά διαστήματα με ικανοποιητική ατμοσφαιρική υγρασία, όπως τη νύχτα, ελαχιστοποιούμε του κινδύνους υπέρμετρης συγκέντρωσης στοιχείων στα φύλλα. Το ίδιο, επίσης,



επιτυγχάνεται με την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής των καταιονιστήρων.

### Άρδευση με σταγόνες

Όταν έχουμε νερό καλής ποιότητας και αρδεύουμε με σταγόνες, τότε οι αποδόσεις είναι ίσες ή ελαφρά καλλίτερες από τις άλλες μεθόδους σε συγκρίσιμες συνθήκες. Αν, όμως, το νερό είναι κακής ποιότητας, οι αποδόσεις με τη στάγδην άρδευση θα είναι σαφώς καλύτερες από τις άλλες μεθόδους, για το λόγο ότι με τη μέθοδο αυτή έχουμε συνεχώς την υγρασία σε υψηλά επίπεδα και, συνεπώς, η συγκέντρωση των αλάτων είναι μικρότερη.

Με τη μέθοδο αυτή τα αλάτια συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του εδάφους και μέσα στο έδαφος στα άκρα του βρεχόμενου βολβού. Αλάτια μπορεί να συγκεντρωθούν κάτω από τον σταλλακτήρα, αλλά οι καθημερινές αρδεύσεις θα διατηρήσουν μια ελαφρά αλλά σχεδόν συνεχή προς τα κάτω κίνηση της υγρασίας, που θα τα κρατήσει σε έλεγχο. Με το χρόνο, η συγκέντρωση των αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους και στις παρυφές του βολβού μεταξύ των σταλλακτήρων, γίνεται αξιόλογη.

Έκπλυση με καταιονισμό ή κατάκλιση θα εκπλύνει τα αλάτια, αλλά αυτό θα έχει σαν συνέπεια τη χρήση ενός δεύτερου συστήματος άρδευσης και χρήση πρόσθετου νερού που θα επιτρέψει τη συνεχή παραγωγή, χρησιμοποιώντας νερό κακής ποιότητας. Η βροχή, αν είναι αρκετή, μπορεί να προκαλέσει έκπλυση, αν όμως δεν είναι ικανοποιητική, τότε ίσως έχουμε σημαντικότερα προβλήματα με τη μικρή μετακίνηση των αλάτων προς τον κύριο όγκο του ριζοστρώματος.

### **3.1.4. Αλλαγή καλλιεργητικών πρακτικών**

#### **Προάρδευση**

Τα αλάτια, συχνά συγκεντρώνονται σε λίγα επιφανειακά εκατοστά του εδάφους και, συνεπώς, μια έντονη προάρδευση για την έκπλυση των επιφανειακών αυτών αλάτων θα βελτιώσει το φύτρωμα και τη γρήγορη ανάπτυξη της καλλιέργειας. Αυτό γίνεται αρκετά νωρίτερα από τη σπορά, για να έχουμε χρόνο για τις απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες.

Πολλές φορές, εφαρμόζουμε μια άρδευση πριν από την έναρξη των περιορισμένων χειμερινών βροχοπτώσεων, έτσι ώστε το εδαφικό προφίλ να είναι κορεσμένο με νερό και οι χειμερινές βροχές να δώσουν επιπλέον νερό για έκπλυση. Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερα πλεονεκτική επειδή δίνει νερό υψηλής ποιότητας για έκπλυση (βροχόνερο) και κινεί τα αλάτια έξω από την περιοχή σποράς, οπότε δεν παρατηρούνται προβλήματα φυτρώματος.

#### **Τοποθέτηση του σπόρου**

Η άρδευση με αυλάκια σε αλατούχα εδάφη ή η χρήση νερού κακής ποιότητας, είναι ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα, γιατί έχουμε έντονη συγκέντρωση αλάτων στην περιοχή του σπόρου, με τις γνωστές συνέπειες. Με τις προϋποθέσεις αυτές, αν βάλουμε το σπόρο στο κέντρο της στέψης του αναχώματος που σχηματίζεται μεταξύ δύο αυλακιών, επιλέγουμε μια περιοχή όπου αναμένεται να συγκεντρωθούν περισσότερα αλάτια. Τοποθετώντας τους σπόρους σε διπλή σειρά πάνω

στο ανάχωμα και μακριά από το κέντρο αυτού, αποφεύγουμε τις μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων του κεντρικού τμήματος και έτσι μπορούν να γίνουν ανεκτές υψηλότερες συγκεντρώσεις αλάτων τόσο στο νερό όσο και στο έδαφος.

Μια άλλη τεχνική είναι η άρδευση αυλάκι παρ' αυλάκι, οπότε τα αλάτια συγκεντρώνονται προς τη μη αρδευόμενη πλευρά. Τοποθετώντας δε το σπόρο προς την αρδευόμενη πλευρά του αναχώματος, εξασφαλίζουμε τη φύτευση και με εντονότερες αλατούχες συνθήκες. Με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής, αντενδείκνυται η σπορά σε δύο σειρές.

Όταν περιμένουμε να έχουμε πρόβλημα αλατότητας, η αύξηση του ύψους του νερού στο αυλάκι θα βοηθήσει το φύτευμα. Ακόμη, μπορούμε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας κεκλιμένα αναχώματα με τους σπόρους να φυτεύονται στην κεκλιμένη πλευρά και λίγο πάνω από τη στάθμη του νερού. Η άρδευση συνεχίζεται έως ότου υγρανθεί το έδαφος αρκετά πάνω από το σπόρο.

Τα προβλήματα αλατότητας επιδεινώνονται όταν μόνιμες καλλιέργειες είναι φυτεμένες σε κάποιο ανυψωμένο επίπεδο και αρδεύονται με νερό κακής ποιότητας. Τα αλάτια, σε λίγα χρόνια, συγκεντρώνονται στις υπερυψωμένες περιοχές, σε επίπεδο που υπερβαίνει την αντοχή των καλλιεργειών.

### Λίπανση

Τα χημικά λιπάσματα τοποθετούμενα πολύ κοντά στο αναπτυσσόμενο φυτό, είναι πιθανό να προκαλέσουν προβλήματα αλατότητας και τοξικότητας. Αν αναμένεται να προκαλέσουν πρόβλημα αλατότητας, τότε θα πρέπει να δοθεί προσοχή στο χρόνο και τη θέση της λίπανσης. Τα νεαρά φυτά είναι ευαίσθητα στα αλάτια και χρειάζονται

λίγη λίπανση στην αρχή και αργότερα την κύρια ποσότητα. Η ανάλυση του εδάφους για να γνωρίσουμε E, N, P, K πριν από τη φύτευση, είναι χρήσιμη για την εφαρμογή πρακτικών λίπανσης.

Η αντοχή των καλλιεργειών στα αλάτια, λίγο επηρεάζεται από την αύξηση της γονιμότητας. Αν, όμως, αλατότητα και χαμηλή γονιμότητα περιορίζουν τις αποδόσεις, τότε διόρθωση του πλέον περιοριστικού παράγοντα θα αυξήσει την παραγωγή. Αν, όμως, η γονιμότητα είναι πλήρης και η αλατότητα περιορίζει την παραγωγή, περαιτέρω αύξηση της λίπανσης δεν θα αυξήσει την παραγωγή ούτε θα βελτιώσει την αντοχή των καλλιεργειών στ' αλάτια.

### **Ισοπέδωση**

Το θέμα της ισοπέδωσης του χωραφιού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχία ομοιόμορφης άρδευσης, είτε αρδεύουμε με νερό καλής ποιότητας είτε όχι. Βέβαια, όταν αναμένεται αλατικό πρόβλημα, ο παράγοντας αυτός έχει θεμελιώδη σημασία, γιατί οι συγκεντρώσεις αλάτων στα υπερυψωμένα σημεία είναι πλέον έντονες. Στην περίπτωση αυτή, ακόμη και στον καταιονισμό, θα χρειαστεί ισοπέδωση του χωραφιού για να ελαχιστοποιήσουμε τις ανωμαλίες του εδάφους και έτσι να μειώσουμε τους κινδύνους συγκέντρωσης αλάτων έστω και κατά θέσεις.

### Διαφοροποίηση του εδαφικού προφίλ

Τα εδάφη, πολλές φορές, εμφανίζουν αδιαπέρατες στρώσεις που εμποδίζουν ή και αποκλείουν τη διείσδυση ριζών και νερού. Η διαχείριση του νερού και ο έλεγχος της αλατότητας μπορούν να απλοποιηθούν αν οι στρώσεις αυτές γίνουν περατές στο νερό και τις ρίζες. Το σχίσσιμο της στρώσης βελτιώνει την εσωτερική στράγγιση, αλλά τα αποτελέσματα είναι βραχύβια. Το βαθύ όργωμα θα δώσει καλύτερα αποτελέσματα, εφόσον μπορεί να γίνει, και πρέπει να εκτελείται μετά από ισοπέδωση και πριν από την έκπλυση. Αλατούχες εδαφικές στρώσεις, συχνά ανεβαίνουν με το βαθύ όργωμα στη ριζική ζώνη, οπότε, την πρώτη χρονιά πρέπει να καλλιεργηθεί μια ετήσια ανθεκτική στα αλάτια καλλιέργεια όπως το κριθάρι και να εφαρμοσθεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού έκπλυσης από την κανονική.

### Εγκατάσταση στραγγιστικού δικτύου

Όπου έχουμε υψηλό υπόγειο ορίζοντα αλλά και, γενικότερα, όπου αναμένεται να εμφανισθεί πρόβλημα αλατότητας, είναι απαραίτητη η κατασκευή στραγγιστικού δικτύου. Αν δεν εξασφαλίζεται η στράγγιση της προβληματικής περιοχής, τότε δεν μπορούμε να ελέγξουμε τα αλάτια με τη βοήθεια των εκπλύσεων.

Στην κοιλάδα Imperial της California, αναπτύχθηκαν σοβαρά προβλήματα στράγγισης και αλατότητας, σε διάστημα 10-20 χρόνων από την έναρξη των αρδεύσεων με νερό του Colorado ( $EC_w = 1 - 1,2$  mmhos/cm). Τα προβλήματα αυτά λύθηκαν με την κατασκευή

αποχετευτικού και στραγγιστικού δικτύου, οπότε, και η περιοχή στραγγίσει και οι εκπλύσεις έγιναν αποδοτικές.

### Αλλαγή ή ανάμειξη παροχής

Αν υπάρχει ευχέρεια αλλαγής της αρδευτικής παροχής με κάποια άλλη καλύτερης ποιότητας, αυτόματα έχουμε λύση του προβλήματος. Η δυνατότητα όμως αυτή, συνήθως σπανίζει και ίσως να υπάρχει δυνατότητα για ανάμειξη δύο νερών διάφορης ποιότητας. Η ανάμειξη αυτή θα οδηγήσει σ' ένα νερό ενδιάμεσης ποιότητας, του οποίου η αλατότητα μπορεί να προϋπολογισθεί ως εξής:

$[EC_w \text{ (mmhos/cm)} * \text{ποσοστό νερού}] \text{ A παροχή} + [EC_w \text{ (mmhos/cm)} * \text{ποσοστό νερού}] \text{ B παροχή} = EC_w \text{ μίγματος.}$

### Παράδειγμα:

Αναμιγνύουμε 75% ενός νερού  $EC_w = 0,23 \text{ mmhos/cm}$  με 25% άλλου νερού

$EC_w = 3,60 \text{ mmhos/cm}$ . Το μίγμα που θα προκύψει θα έχει  $EC_w = 1,07 \text{ mmhos/cm}$  γιατί εφαρμογή της σχέσης 2.9.1, μας δίνει:

$(0,23 * 0,75) \text{ A παροχή} + (3,60 * 0,25) \text{ B παροχή} = EC_w$   
μίγματος και  $0,17 + 0,90 =$   
 $1,07 \text{ mmhos/cm}$

## **3.2. Αντιμετώπιση της μείωσης της εδαφικής περατότητας**

Για να προλάβουμε τη μείωση της εδαφικής περατότητας από τη χρήση νερού κακής ποιότητας ή να αποκαταστήσουμε αυτή, μπορούμε να εφαρμόσουμε χημικές και φυσικές μεθόδους. Οι χημικές μέθοδοι προκαλούν μια χρήσιμη αλλαγή στη χημεία εδάφους και νερού. Οι φυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν ένα σύνολο καλλιεργητικών πρακτικών που σκοπό έχουν την αύξηση της διηθητικότητας.

### **3.2.1. Χρήση βελτιωτικών εδάφους και νερού**

Αν το Na στο αρδευτικό νερό μειωθεί ή το Ca και το Mg αυξηθούν, τότε θα έχουμε βελτίωση της εδαφικής περατότητας. Σήμερα, δεν υπάρχει τρόπος χαμηλού κόστους μετακίνησης των αλάτων Na από το αρδευτικό νερό. Μπορούμε, όμως, να προσθέσουμε χημικές ενώσεις τόσο στο έδαφος όσο και στο νερό για να αυξηθεί το Ca και να βελτιωθεί η αναλογία Na προς Ca.

Κοκκώδης γύψος εφαρμόζεται επιφανειακά στα εδάφη, σε τιμές 0,2 – 2 tn/ στρέμμα. Όπου τα προβλήματα Na είναι σοβαρά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν 4 tn/ στρέμμα. Αν το πρόβλημα περατότητας είναι κύρια στην επιφάνεια του εδάφους, ίσως ο κοκκώδης γύψος γίνει πιο αποδοτικός αν απλωθεί στην επιφάνεια του εδάφους ή αναμειχθεί με το έδαφος σε μικρό βάθος.

Η εφαρμογή γύψου στο νερό απαιτεί μικρότερες ποσότητες από εκείνες του εδάφους. Οι γυψώσεις νερού είναι ιδιαίτερα αποδοτικές με νερό χαμηλής αλατότητας ( $EC_w < 0,5$  mmhos/cm) ενώ είναι λιγότερο αποδοτικές με νερό μεγάλης αλατότητας λόγω της χαμηλής διαλυτότητας της γύψου. Η εφαρμοζόμενη γύψος στο νερό είναι λεπτή (0,25 mm ή λεπτότερη) και προστίθεται σε σταθερή τιμή κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, εμπλουτίζει δε το νερό με 1-4 meq/l Ca.

**Σημείωση:** Διάλυση 86 kg γύψου καθαρότητας 100% σε 1.000 m<sup>3</sup> νερού, θα δώσει 1 meq/l Ca.

Το θείο (S) είναι αποτελεσματικό για εδαφικές εφαρμογές, εφόσον έχουμε στο έδαφος ανθρακικό ασβέστιο. Αυτό δίνει έμμεσα ασβέστιο. Στην αρχή το S οξειδώνεται σε οξύ και στη συνέχεια αντιδρά με το  $CaCO_3$  και δίνει ασβέστιο. Η διαδικασία οξείδωσης (από εδαφικά βακτήρια), είναι μάλλον αργή και χρειάζεται ζεστό, υγρό και καλά αεριζόμενο έδαφος. Το θείο είναι αποτελεσματικό για τη βελτίωση προβλημάτων Na κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και δεν αναμένεται να βελτιώσει προβλήματα επιφανειακής περατότητας. Το S χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς για βελτίωση ασβεστούχων εδαφών σε σχέση με νερό καλής ποιότητας.

Το θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ), μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στο έδαφος όσο και στο νερό. Αντιδρά γρήγορα με το εδαφικό  $CaCO_3$  επειδή δεν χρειάζεται να προηγηθεί οξειδωτική διαδικασία. Το  $H_2SO_4$  είναι έντονα διαβρωτικό και χρειάζεται προσοχή κατά τη χρήση του.

Η εκλογή ενός βελτιωτικού πρέπει να στηριχθεί στην αποδοτικότητα, στο κόστος και στην ασφάλεια χρήσης του. Ο Πίνακας



23 δίνει ορισμένα κοινά βελτιωτικά, καθώς και την ισοδυναμία τους με 1 τόνο γύψου καθαρότητας 100%.

<b>Βελτιωτικό</b>	<b>Ισοδύναμοι τόνοι Βελτιωτικού με 1 τόνο γύψου 100%</b>
Γύψος (CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O)*	1,00
Θείο (S)**	0,19
Θειικό οξύ (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )*	0,61
Χλωριούχο ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O)*	0,86
Νιτρικό ασβέστιο (Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O)*	1,06

**Πίνακας 23: Βελτιωτικά εδάφους νερού και η σχετική τους αποτελεσματικότητα στην παροχή Ca.**  
(Μαλεφάκης Γ. «Διαμόρφωση ποιότητας νερού για αρδεύσεις. 1976»)

- Κατάλληλο για χρήση σε έδαφος και νερό
- \*\*Κατάλληλο για χρήση στο έδαφος

Τα παραπάνω, βασίζονται σε υλικά 100% καθαρά. Αν το χρησιμοποιούμενο υλικό δεν είναι 100% καθαρό, τότε η σχέση μας δίνει τους τόνους που ισοδυναμούν με υλικό καθαρότητας 100%.

$$X = \frac{100 * \text{τοννοι}}{\% \text{καθαροτητα}}$$

### **Παράδειγμα:**

Έστω, ότι η χρησιμοποιούμενη γύψος είναι καθαρότητας 80%. Αυτό σημαίνει ότι  $X = \frac{100 * 1,00}{80} = 1,25$  τόνοι γύψου, καθαρότητας 80%, ισοδυναμούν με 1 τόνο γύψου καθαρότητας 100%.

Τα χημικά εδαφοβελτιωτικά πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζονται και τα αποτελέσματα να δικαιολογούν τη χρήση τους και όχι απλώς να ελπίζουμε για κάτι καλό. Τα βελτιωτικά αυτά κοστίζουν αρκετά. Ίσως είναι χρήσιμη η εφαρμογή τους εκεί που η εδαφοπερατότητα είναι μικρή λόγω χαμηλής αλατότητας, υπερβολικού Na ή CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub> στο νερό. Δεν είναι όμως χρήσιμα αν η μικρή περατότητα οφείλεται σε προβλήματα υφής ή συμπίεσης του εδάφους, σε αδιαπέρατες στρώσεις (hardplans, clayplans) ή σε υψηλή υπόγεια στάθμη νερού.

### **Παράδειγμα υπολογισμού απαιτούμενης ποσότητας γύψωσης του νερού:**

Δεδομένα: έκταση χωραφιού 50 στρέμματα  
δόση άρδευσης 100 mm ή m<sup>3</sup>/στρ.  
καθαρότητα γύψου 70%  
επιθυμητή αύξηση του Ca στο νερό κατά 2 meq/l  
86 kg γύψου καθαρότητας 100% στα 1.000 m<sup>3</sup> δίνει 1 meq/l Ca.  
Υπολογισμοί: Συνολικές ανάγκες σε νερό 50 στρ. \* 100 m<sup>3</sup>/στρ. = 5.000 m<sup>3</sup>.

Για να αυξήσουμε το Ca κατά 2 meq/l στα 5.000 m<sup>3</sup> χρειαζόμαστε 86 kg \* 5 \* 2 = 860 kg γύψου καθαρότητας 100%. Επειδή δε, η διαθέσιμη γύψος είναι καθαρότητας 70%, χρειαζόμαστε:

$$\frac{100 * 0,86}{70} = 1,23 \text{ τόνους γύψου } 70\%.$$

### **3.2.2. Συχνότερες αρδεύσεις**

Οι συχνότερες αρδεύσεις έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλή εδαφική υγρασία. Η υγρασία αυτή θα διατηρήσει μια χαμηλότερη τιμή προσρόφησης Na (SAR) επειδή η διάλυση ευνοεί την προσρόφηση του Ca και Mg σε σχέση με το Na και οι απώλειες λόγω καθίζησης θα είναι οι ελάχιστες. Οι καθιζήσεις συμβαίνουν ιδιαίτερα στο χρονικό διάστημα μεταξύ των αρδεύσεων όταν έχουμε νερό με πολύ HCO<sub>3</sub> και υψηλό adj SAR, οπότε έντονες πτώσεις υγρασίας πιστεύεται ότι κατακρημνίζουν αξιόλογες ποσότητες Ca.

### **3.2.3. Επιφανειακή καλλιέργεια και βαθύ όργωμα**

Καλλιέργεια ή βαθύ όργωμα είναι μια άλλη αποτελεσματική αλλά προσωρινή λύση του προβλήματος περατότητας. Καλλιεργώντας το έδαφος αυξάνεται η τραχύτητά του και βελτιώνεται η διείσδυση του νερού εντός αυτού, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα. Το βαθύ όργωμα μπορεί να βελτιώσει τη διεισδυτικότητα για μια-δυο αρδεύσεις

μόνο, επειδή τα περισσότερα προβλήματα περατότητας εμφανίζονται στην επιφάνεια του εδάφους ή κοντά σ' αυτήν, οπότε γρήγορα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση ύστερα από τις πιο πάνω αρδεύσεις. Ακόμη όμως κι αν δεν έχει μόνιμα αποτελέσματα, θα βελτιώσει την κατάσταση αρκετά για να δημιουργήσει μια αξιόλογη διαφορά στην απόδοση.

Το βαθύ όργωμα σε οπωρώνες, γίνεται πριν από τη φύτευση ή κατά τη διάρκεια του ληθάργου, όταν το κόψιμο των ριζών είναι λιγότερο επιζήμιο. Επίσης, πρέπει να γίνεται όταν τα εδάφη είναι αρκετά ξηρά για να θρυμματιστούν και να ρωγματωθούν. Αν γίνει σε βρεγμένο έδαφος, αυξάνεται η συμπίεση και αναμένονται προβλήματα αερισμού και περατότητα.

Με νερά χαμηλής αλατότητας ( $EC_w < 0,5$  mmhos/cm) το πρόβλημα περατότητας εμφανίζεται συνήθως στα λίγα επιφανειακά εκατοστά. Μια επιφανειακή κρούστα ή ένα σχεδόν αδιαπέραστο επιφανειακό έδαφος είναι το τυπικό χαρακτηριστικό. Η καλλιέργεια μπορεί να σπάσει την επιφανειακή κρούστα, να τραχύνει το έδαφος και ν' ανοίξει ρωγμές που θα ευκολύνουν τη διήθηση του νερού. Αντίθετα, το πρόβλημα περατότητας λόγω χρήσης νερού υψηλού adj SAR ίσως εμφανισθεί αρχικά κοντά στην επιφάνεια, αλλά προοδευτικά εκτείνεται σε μεγαλύτερα βάθη, καθώς προχωρεί ο χρόνος. Η καλλιέργεια και το βαθύ όργωμα ίσως επιτρέψουν μεγαλύτερες ποσότητες νερού να εισέλθουν στο έδαφος αλλά, συνήθως, μόνο για μικρές σχετικά χρονικές περιόδους.

### **3.2.4. Αύξηση του χρόνου εφαρμογής του νερού.**

Η αύξηση του χρόνου άρδευσης για να επιτύχουμε την επιθυμητή διείσδυση έχει ορισμένα όρια, επειδή μπορούν να προκληθούν προβλήματα κορεσμού, αερισμού, υπερβολικής απορροής και στράγγισης. Εφαρμόζοντας, όμως, παράλληλα και τεχνικές όπως μείωση της αρδευτικής παροχής και ελάττωση της κλίσης του χωραφιού, ίσως κατορθώσουμε να δώσουμε αρκετό νερό στο έδαφος. Μια προάρδευση μπορεί να διαρκέσει αρκετά, ώστε να φέρουμε την υγρασία στην υδατοϊκανότητα χωρίς κίνδυνο για την καλλιέργεια και ίσως είναι μερικές φορές η μόνη ευκαιρία για να βρέξουμε το βαθύτερο τμήμα της ριζικής ζώνης.

### **3.2.5. Αλλαγή της διεύθυνσης ροής προς τη μικρότερη κλίση**

Αυτό υιοθετείται ιδιαίτερα στις αρδεύσεις με αυλάκια και λωρίδες όπου η διεύθυνση ροής μπορεί ν' αλλάξει σ' εκείνη με τη μικρότερη κλίση. Η αλλαγή αυτή αυξάνει το χρόνο άρδευσης και συνεπώς το χρόνο διήθησης του νερού.

### **3.2.6. Συλλογή και επαναχρησιμοποίηση του νερού απορροής**

Αυξάνοντας το χρόνο άρδευσης, προκειμένου να αποθηκεύσουμε περισσότερο νερό στο έδαφος, χρειαζόμαστε μεγαλύτερες ποσότητες νερού και έχουμε αυξημένη απορροή. Στην περίπτωση αυτή, μπορούμε να καλύψουμε μέρος των αναγκών μας σε νερό συλλέγοντας και χρησιμοποιώντας εκ νέου τα νερά της απορροής. Η απορροή διοχετεύεται πάλι στο αρδευτικό νερό χωρίς να δημιουργεί πρόβλημα. Έτσι, εξασφαλίζουμε τις επιπλέον ποσότητες νερού χωρίς σημαντική αλλαγή στην ποιότητά του.

### **3.2.7. Προσαρμογή του ύψους της βροχής των καταιονιστήρων σύμφωνα με τη διηθητικότητα του εδάφους.**

Σχεδιάζοντας ένα δίκτυο άρδευσης με καταιονισμό, θα πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερο βάρος στην ένταση βροχής των εκτοξευτήρων σε σχέση με τη διηθητικότητα του εδάφους, έτσι ώστε να αποφύγουμε λίμνασμα ή απορροή του νερού. Αν, όμως, διαπιστωθεί τέτοιο φαινόμενο, θα πρέπει να επέμβουμε διορθωτικά. Μια εναλλακτική λύση είναι το σταμάτημα της άρδευσης όταν αρχίζει η απορροή και η συνέχισή της αργότερα, έως ότου δώσουμε το νερό που πρέπει, στην καλλιέργεια.

### **3.2.8. Χρήση οργανικών υπολειμμάτων**

Υπολείμματα των καλλιεργειών ενσωματωμένα στο έδαφος, βελτιώνουν συχνά τη διείσδυση. Τα ινώδη υπολείμματα των σιτηρών βελτιώνουν τη διεισδυτικότητα, ενώ τα υπολείμματα των οσπρίων, όχι. Πιθανώς, το άχυρο των σιτηρών διατηρεί το πορώδες δημιουργώντας κανάλια και κενά στο έδαφος. Για να έχουμε, όμως, σημαντικό αποτέλεσμα, χρειαζόμαστε μεγάλες ποσότητες. Γενικά, η επιστροφή των οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος θεωρείται ευεργετική γιατί βοηθάει στη διατήρηση της δομής και επιστρέφει ορισμένα συστατικά στο έδαφος. Σε μια πρόσφατη μελέτη που συντάχθηκε από το U.S. Department of Agriculture επιστήμονες του Agricultural Research Service (ARS) ενσωμάτωσαν κοπριά σ' ένα (SiL) έδαφος, σε αναλογία 2 tn/στρέμμα και παρατήρησαν διπλασιασμό των τιμών διηθητικότητας. Επειδή η κοπριά περιέχει αρκετά αλάτια, πρέπει μετά την ενσωμάτωσή της στο έδαφος να ακολουθήσει μια προάρδευση για την έκπλυση των αλάτων.

### **3.3. Αντιμετώπιση των προβλημάτων τοξικότητας**

Οι τοξικότητες εμφανίζονται σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις στο αρδευτικό νερό. Αν καλλιεργούνται ευαίσθητες καλλιέργειες χρειάζονται ορισμένες πρακτικές διαχείρισης οι οποίες μειώνουν την τοξικότητα των ουσιών είτε κάνουν διευθετήσεις που βελτιώνουν την παραγωγή κάτω από τις υπάρχουσες συγκεντρώσεις.

### **3.3.1. Συχνότερες αρδεύσεις**

Καθώς το φυτό καταναλώνει νερό μεταξύ των αρδεύσεων, τα αλάτια συγκεντρώνονται και ίσως αυξάνουν τη σοβαρότητα του υπάρχοντος προβλήματος τοξικότητας. Οι επιδράσεις συγκέντρωσης και τα πλεονεκτήματα συχνότερων αρδεύσεων αναφέρθηκαν στις παραπάνω παραγράφους.

### **3.3.2. Χρήση πρόσθετου νερού για έκπλυση**

Όταν έχουμε συγκέντρωση τοξικών ιόντων στο έδαφος, χρειάζεται να εφαρμόσουμε έκπλυση για την αποκατάσταση της εδαφικής παραγωγικότητας.

Για την έκπλυση του χλωρίου, ισχύουν τα ίδια μ' εκείνα που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.3. Εφαρμοζόμενο ύψος νερού 300 χιλιοστών που θα απομακρύνει το 80% του χλωρίου από τα 30 εκ. επιφανειακού εδάφους. Η έκπλυση του βορίου είναι πολύ δυσκολότερη από εκείνη του χλωρίου. Η εμπειρία έδειξε ότι χρειάζεται τριπλάσιο νερό για τη βελτίωση ενός προβλήματος βορίου σε σχέση μ' ένα ισοδύναμο πρόβλημα αλατότητας.

Αν έχουμε πρόβλημα νατρίου που αναπτύχθηκε μετά την άρδευση ή προϋπήρχε, τότε, ίσως είναι απαραίτητο να προσθέσουμε εδαφοβελτιωτικά (γύψο, θείο κ.λπ.) για να επαναφέρουμε την εδαφική παραγωγικότητα.



Από τη στιγμή που διορθώθηκε μια κατάσταση τοξικότητας, πρέπει με εκπλύσεις νερού να μειώνεται ή να εμποδίζεται η εκ νέου ανάπτυξή της.

### **3.3.3. Χρήση εδαφοβελτιωτικών**

Η γύψος, προστιθέμενη στο έδαφος, βοηθάει τη διόρθωση της τοξικότητας νατρίου άμεσα. Όσον αφορά, όμως, την τοξικότητα του χλωρίου ή του βορίου, η ωφέλεια από τη χρήση του βελτιωτικού είναι έμμεση. Το  $\text{CaCO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  θα δημιουργήσει καλή περατότητα, οπότε θα έχουμε τη δυνατότητα να εφαρμόσουμε αυξημένες ποσότητες νερού για έκπλυση. Τα εδαφοβελτιωτικά συζητήθηκαν παραπάνω.

Η καταλληλότητα ενός βελτιωτικού πρέπει να δοκιμασθεί στο χωράφι για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητά του και να συγκριθούν τα οφέλη του με το κόστος. Γενικά, όπου η αλατότητα είναι σχετικά χαμηλή, η ευεργετική επίδραση του βελτιωτικού είναι μεγαλύτερη, επειδή είναι πιο εύκολο να αλλάξουμε την αναλογία Na-Ca σε χαμηλά επίπεδα αλατότητας.

### **3.3.4. Αλλαγή ή ανάμειξη της παροχής**

Με την αλλαγή ή ανάμειξη της παροχής, εφόσον υπάρχει δυνατότητα, βελτιώνεται ποιοτικά το χρησιμοποιούμενο νερό από άποψη παρουσίας ιόντων που είναι δυνατό να προκαλέσουν προβλήματα τοξικότητας. Η διαδικασία της ανάμειξης δόθηκε στην παράγραφο 2.9.

### **3.3.5. Χρήση ανθεκτικών καλλιεργειών**

Οι πίνακες 16, 17, 18 μας δίνουν την ευκαιρία να επιλέξουμε κατάλληλες καλλιέργειες ή ποικιλίες φυτών, προκειμένου να αντιμετωπίσουμε προβλήματα τοξικότητας Χλωρίου – Βορίου – Νατρίου αντίστοιχα.

### **3.3.6. Χρήση πρόσθετου αζώτου**

Στην περίπτωση των εσπεριδοειδών, μια τοξικότητα βορίου μπορεί να μειωθεί αν διατηρούμε το άζωτο λίγο παραπάνω από το κανονικό. Αυτή η πρόσθετη ποσότητα αζώτου θα αυξήσει τη βλάστηση των δέντρων, επειδή θα έχουμε καλύτερη φωτοσύνθεση.

Για τις άλλες καλλιέργειες δεν γνωρίζουμε τίποτε μέχρι σήμερα.

### **3.3.7. Σωστή διαχείριση του νερού**

Περιλαμβάνει πρακτικές για καλύτερο έλεγχο και διανομή του νερού πάνω στο έδαφος, όπως ισοπέδωση, στράγγιση, διαφοροποίηση εδαφικού προφίλ. Οι πρακτικές αυτές αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2.

### **3.3.8. Αποφυγή άρδευσης με καταιονισμό**

Αρδεύοντας ορισμένες καλλιέργειες με καταιονισμό, μπορεί να προκληθούν τοξικά προβλήματα που δεν παρουσιάζονται με τις άλλες μεθόδους. Αυτό συμβαίνει κυρίως κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας, οπότε, καθώς εξατμίζεται το νερό απορροφούνται μεγάλες ποσότητες Na και Cl από τα φύλλα.

Προκειμένου ν' αντιμετωπισθεί το πρόβλημα αυτό, ακολουθούνται οι παρακάτω πρακτικές:

- **Νυχτερινές αρδεύσεις.** Επειδή έχουμε αυξημένη υγρασία και εξασθένιση των ανέμων.
- **Καταιονιστήρες ταχύτερης περιστροφή (1 στροφή/min ή λιγότερο)** για να εξασφαλίσουμε συχνό ή συνεχόμενο βρέξιμο των φύλλων.
- **Άρδευση με καταιονισμό κατά τη διάρκεια χαμηλής υγρασίας και υψηλών αναγκών εξάτμισης.** Πρέπει να αποφεύγεται όσο είναι δυνατό. Αν οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής είναι γνωστές και οι εδαφικές συνθήκες επιτρέπουν την αποθήκευση ικανοποιητικών ποσοτήτων νερού για να τις χρησιμοποιήσει η καλλιέργεια μεταξύ των αρδεύσεων, τότε οι αρδεύσεις μπορούν να προγραμματισθούν και να αποφύγουμε τέτοιες κριτικές περιόδους.
- **Επιλογή καλλιέργειας.** Ορισμένες ευαίσθητες καλλιέργειες, όπως φασόλια ή σταφύλια, πρέπει να αποφευχθούν εξ αρχής. Τοπικές εμπειρίες πρέπει να δώσουν απάντηση και να αποτελέσουν οδηγό για την επιλογή περισσότερο ανθεκτικών καλλιεργειών σε τοπικές συνθήκες.
- **Ανάπτυξη καλλιεργειών στις δροσερές εποχές του χρόνου,** που έχουμε χαμηλότερες θερμοκρασίες και υψηλότερες σχετικές

υγρασίες και οι καλλιέργειες δεν χρειάζονται συχνές αρδεύσεις. Με τις συνθήκες αυτές δεν έχουμε επικίνδυνες συγκεντρώσεις Na ή Cl.

- **Αλλαγή του τρόπου άρδευσης** λύνει το πρόβλημα.

### **3.4. Αντιμετώπιση διαφόρων προβλημάτων**

Τα διάφορα προβλήματα αφορούν Άζωτο,  $\text{HCO}_3$  και pH.

Οι διαχειρίσεις που έχουν θετικό αποτέλεσμα σε νερό με πολύ N είναι:

- Καλλιέργειες που δεν είναι ευαίσθητες και μπορούν να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά το N του νερού.
- Αλλαγή ή ανάμειξη της παροχής ιδίως στις κριτικές περιόδους.
- Μείωση των αζωτούχων λιπάνσεων κατά ποσοστό ανάλογο με το χορηγούμενο από το νερό.

Οι διαχειρίσεις που έχουν θετικό αποτέλεσμα σε νερό με πολύ  $\text{HCO}_3$  είναι:

- Νυχτερινές αρδεύσεις κατά τις κριτικές περιόδους.
- Χρήση εκτοξευτών με αυξημένη ταχύτητα περιστροφής.
- Αποφυγή άρδευσης με καταιονισμό όταν έχουμε χαμηλή σχετική υγρασία.
- Αλλαγή τρόπου άρδευσης.

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων λόγω μη φυσιολογικού pH το θέμα δεν έχει ερευνηθεί πλήρως και επομένως, πλην των γνωστών πρακτικών (γύψωσης – θείωσης κ.λπ.), κρίνεται σκόπιμο να μην επεκταθούμε.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Οι συνολικές συγκεντρώσεις αλάτων στα νερά καθορίζουν τον τρόπο άρδευσης, τις συγκεντρώσεις αλάτων στη μίζοσφαιρα των καλλιεργειών μεταξύ δύο αρδεύσεων, το εύρος αρδεύσεων, τη διύγρυνση των εδαφών και την αναγκαία ποσότητα νερού, που πρέπει να χρησιμοποιείται σε κάθε άρδευση για να αποφεύγονται οι συγκεντρώσεις αλάτων από την επιφάνεια των εδαφών ως το βάθος και την έκταση του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών.

Η αντοχή στα άλατα των διαφόρων φυτικών ειδών καθορίζεται από την ενδοσμωτική πίεση των ριζικών κυττάρων, από την οποία εξαρτάται η δυνατότητα απορρόφησης νερού από το έδαφος των ριζικών κυττάρων. Όσο πιο πολύ αυξάνεται η ωσμωτική πίεση των αλάτων στα ριζικά κύτταρα, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι και η αυθεντικότητα των φυτικών ειδών.

Ο βαθμός αλκαλίωσης των εδαφών εξαρτάται από την εκατοστιαία αναλογία νατρίου ως προς το σύνολο των κατιόντων, που περιέχονται στα χρησιμοποιούμενα για άρδευση νερά και στο εδαφικό νερό.

Το κλίμα παίζει σημαντικό ρόλο στην αντοχή των καλλιεργειών. Γενικά, καλλιέργειες αναπτυσσόμενες σε δροσερά κλίματα ή κατά τη διάρκεια δροσερότερης εποχής του χρόνου, είναι πιο ανθεκτικές στα άλατα από εκείνες που αναπτύχθηκαν σε θερμότερες περιόδους και περιόδους χαμηλής υγρασίας ή υψηλής εξατμισοδιαπνοής. Αντίθετα, τα λιπάσματα δεν φαίνεται να επηρεάζουν την αντοχή των φυτικών ειδών στην αλατότητα.

Τα χημικά εδαφοβελτιωτικά πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν κρίνεται απαραίτητο και τα αποτελέσματα να δικαιολογούν τη χρήση τους. Η εφαρμογή τους είναι χρήσιμη εκεί όπου η εδαφοπερατότητα είναι μικρή λόγω χαμηλής αλατότητας, υπερβολικού Na ή CO<sub>3</sub> / HCO<sub>3</sub> στο νερό. Δεν είναι χρήσιμα όμως αν η μικρή περατότητα οφείλεται σε προβλήματα υφής ή συμπίεσης του εδάφους σε αδιαπέρατες στρώσεις ή σε υψηλή υπόγεια στάθμη του νερού.

Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα των νερών άρδευσης σε υπολειμματικό νάτριο, τόσο πιο ακατάλληλα αποδεικνύονται για την εφαρμογή τους στην άρδευση καλλιεργειών. Χαρακτηριστικά για συγκέντρωση υπολειμματικού ανθρακικού νατρίου μεγαλύτερη από 2,5meq/l, τα νερά άρδευσης θεωρούνται ακατάλληλα.

Η χρήση νερών για άρδευση που περιέχουν βαρέα μέταλλα σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί συσσώρευση βαρέων μετάλλων στο έδαφος, γιατί το έδαφος προσροφά τα βαρέα μέταλλα και τα συγκρατεί, με αποτέλεσμα τα εδάφη αυτά να ρυπαίνονται και καθίστανται άγονα. Στις περιπτώσεις που η γονιμότητα του εδάφους δεν υποβαθμίζεται, τα παραγόμενα προϊόντα είναι ακατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο ή τα ζώα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Μαλεφάκης Γιάννης, χημικός, «Ποιότητα νερού εδαφοκαλλιεργειών εδαφογονίας - εδαφοβελτίωσης »
2. Μήτσιος Ιωάννης, Ph.D., «Αλατούχα και αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη-ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης »
3. Βασιλειάδης Χρ., καθηγητής Γεωργικής Χημείας «Στοιχεία Γεωργικής Χημείας, 1975»
4. Μαλεφάκης Γιάννης, χημικός, «Διαμόρφωση ποιότητας νερού για αρδεύσεις, 1976»
5. Χριστίδης Ο., «Διαθέσιμες ποσότητες νερού για άρδευση και προοπτικές»
6. Χριστόπουλος Κ., «Γεωργική Υδραυλική»
7. Χατζούδης Γ., Μήτσιος Ι., Πασχαλίδης Χ., Καρολάζος Α., «Έλεγχος ποιότητας αρδευτικών νερών με Η/Υ, 1992»
8. Ρουσόπουλος Ν. «Γεωργική Χημεία, 1956»
9. Μαυρίκιος Π. «Μέθοδος άρδευσης, 1973»
10. Μαλεφάκης Γ. «Εναλλάτωση και αλκαλίωση εδαφών, 1982»
11. Διεύθυνση Υδραυλικών κατασκευών Υπουργείου Γεωργίας (Σημειώσεις)
12. «Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου της Ελληνικής Επιτροπής Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων, 1992, Αθήνα»

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ
  - 1.1. Συγκεντρώσεις ολικών αλάτων
  - 1.2. Εκατοστιαία αναλογία νατρίου
  - 1.3. Στράγγιση
  - 1.4. Κλίμα
  - 1.5. Μέθοδος άρδευσης
  - 1.6. Διαχείριση εφαρμογής του αρδευτικού νερού
2. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
  - 2.1. Ποιότητα νερών για άρδευση
  - 2.2. Τοξικά συμπτώματα στα φυτά από τα νερά άρδευσης.
    - 2.2.1. Χλώριο
    - 2.2.2. Νάτριο
    - 2.2.3. Βόριο
    - 2.2.4. Βαρέα μέταλλα
  - 2.3. Ορθολογική αξιοποίηση και χρήση των νερών άρδευσης – Έλεγχος των διαλυτών αλάτων του εδάφους
3. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ
  - 3.1. Αντιμετώπιση της αλατότητας
    - 3.1.1. Συχνότερες αρδεύσεις
    - 3.1.2. Εκλογή ανθεκτικής καλλιέργειας
    - 3.1.3. Χρήση επιπλέον νερού για την ικανοποίηση απαιτήσεων έκπλυσης



- 3.1.4. Αλλαγή καλλιεργητικών πρακτικών
- 3.2. Αντιμετώπιση της μείωσης της εδαφικής περατότητας
  - 3.2.1. Χρήση βελτιωτικών εδάφους και νερού
  - 3.2.2. Συχνότερες αρδεύσεις
  - 3.2.3. Επιφανειακή καλλιέργεια και βαθύ όργωμα
  - 3.2.4. Αύξηση του χρόνου εφαρμογής του νερού
  - 3.2.5. Αλλαγή της διεύθυνσης ροής προς τη μικρότερη κλίση
  - 3.2.6. Συλλογή και επαναχρησιμοποίηση του νερού απορροής
  - 3.2.7. Προσαρμογή του ύψους της βροχής των καταιονιστήρων σύμφωνα με τη διηθητικότητα του εδάφους
  - 3.2.8. Χρήση οργανικών υπολειμμάτων
- 3.3. Αντιμετώπιση των προβλημάτων τοξικότητας
  - 3.3.1. Συχνότερες αρδεύσεις
  - 3.3.2. Χρήση πρόσθετου νερού για έκπλυση
  - 3.3.3. Χρήση εδαφοβελτιωτικών
  - 3.3.4. Αλλαγή ή ανάμειξη της παροχής
  - 3.3.5. Χρήση ανθεκτικών καλλιεργειών
  - 3.3.6. Χρήση πρόσθετου αζώτου
  - 3.3.7. Σωστή διαχείριση του νερού
  - 3.3.8. Αποφυγή άρδευσης με καταιονισμό
- 3.4. Αντιμετώπιση διαφόρων προβλημάτων

#### 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ